

FELDKRAFTMASCHINE

Beschreibung der Erfindung

A. Technisches Gebiet, auf das sich die Erfindung bezieht

5 Die Erfindung der Feldkraftmaschine (FKM) bezieht sich auf Potentialfelder und Wirbelfelder bzw. Dipolfelder, im speziellen auf magnetische, elektrische, thermische und gravitative Felder und enthält fünf Gruppen von Erfindungen, die untereinander verbunden sind, so dass sie eine allgemeine erfinderische Idee verwirklichen.

- 10
1. Feldkraftgeneratoren (FKG)
 2. Feld- Halbleitermodulatoren
 3. Feldkraftmotoren (FKE)
 4. Pleuellängen-Variatoren (PV)
 - 15 5. Magneto-elektrisches Feldkraft-System

20 Die 1. Erfindung bezieht sich auf auf Feldkraftgeneratoren als Gegenstück zur Wärmekraftmaschine. In Feldkraftgeneratoren arbeitet ein elastisches Kraftfeld gesteuert durch einen Feldmodulator; die Arbeit entsteht durch Enspannung des zuvor gespannten Feldes analog einer Feder. Dieser irreversible Kreis-Prozeß erfolgt im p, V-Diagramm mit 4 Takten. Der Feldkraftgenerator kann alternativ als Rechts- oder Links-Kreisprozess - Maschine konstruiert werden.

25 Die 2. Erfindung betrifft Feld-Halbleitermodulatoren. Dies sind Bauelemente, die keine Elektronenströme leiten, steuern, verstärken, schalten, modulieren, sondern Felder (magnetisches Feld, elektrisches Feld etc.)

30 Die 3. Erfindung bezieht sich auf Feldkraftmotoren, die mit elektrischer Energie versorgt werden. Die elektrische Energie wird durch Magneser bzw. Elektreser in Kraftfeldstöße umgesetzt, die als Arbeit genutzt werden kann.

35 Die 4. Erfindung der Pleuellängen-Variator, ist ein neuer hocheffizienter Kraft-Drehmoment-Wandler und kann für Motoren, Pumpen, Verdichter sowie andere Systeme eingesetzt werden.

B. Einschlägiger Stand der Technik

40 Der einschlägige Stand der Technik ist in der ausgewählten Literatur am Ende der Patentanmeldung benannt.

C. Zu lösende technische Aufgabe

Anwendung der Feldkraftmaschine

45 Die Auslegung des FKG erfolgt je nach Verwendungszweck. Z. B. wird ein FKG als Gasturbinenersatz auf hohe und konstante Drehzahl und nicht auf wechselndes Drehmoment ausgelegt. Z.B. bei Verwendung als Antrieb in einem Schiff, oder Generator zur Erzeugung von elektrischem Strom, ist eine konstante Drehzahl mit großem Drehmoment gefordert. Z.B. bei Verwendung als Direktantrieb für einen Automotor sind ein

wechselndes Drehmoment, Elastizität und wechselnde Drehzahl und kurzes Ansprechverhalten (hohe Dynamik) gefordert. Hier bietet sich die zweite Erfindung, der Stoßwellen-Feldkraft-Motor (FKE) als hochdynamischer fundamental neuer E-Motor an, weil nicht die Tangentialkraft, sondern die Normalkraft umgesetzt wird.

FKM-Typen

1. Longitudinal-Maschinen

Longitudinal-Maschinen sind Hubkolben-Maschinen, da sie ihre Wirkung aus der Erzeugung eines großen Luftspaltes zwischen den PM's beziehen.

Typen (Fig. 1.1 – 1.2):

- a) Hubkolben-Feldkraftmaschine
Zwischen Totpunkten OT→UT→OT ungleichförmige Bewegung, d.h.: beschleunigte und verzögerte in Bewegung bzw. schwingende Massen (Oszillationen).
- b) Freikolben-Feldkraftmaschine (linear oszillierend, nutzt kinetische Energie für die Gegenfeld-Verdichtung)
- c) Orbitalkolben-Feldkraftmaschine
Huboszillation = Drehoszillation, dadurch ist keine Kurbelschleife notwendig
→ wenig drehende Teile

Auch Transversal-Maschinen lassen sich als Hubkolben-Maschinen bauen; hierbei ist die oszillierende Transversalbewegung die "Hubbewegung".

Longitudinalkraft-Maschinen (Fig. 1.1 a,b)

1.1 Hubkolben-FKM

Bem.: Wanderfeld-FKM Linear-Oszillation mit Quer-/Tangentialkraft; sehr langer Hub möglich: FM-Bewegung in y-Achse (Fig. 1.2 a,b,c).

Unterarten: Taumelscheiben-FKM
Exzenter-FKM

2. Transversal-Maschinen

Transversalmaschinen sind nur für eine Verschiebung der PM - gegeneinander bei konstantem Luftspalt gedacht - also nicht wie bei der Erzeugung eines großen longitudinalen Luftspaltes bei Hubkolbenmaschinen.

Typen

- a) Kreiskolben-Feldkraftmaschine
Radialer "Hub", Maschine hat keine "Totpunkte", Bewegungsumformung nicht notwendig, keine freien Massenkräfte (lassen sich alle ausgleichen).
- b) Drehfeld-Feldkraftmaschine (Fig. 2 a, b,c)
Umlauf-Feld, ähnlich Drehstrom-Maschine
- axiale und radiale Scheiben-Bauart
- c) Wanderfeld-Feldkraftmaschine (Fig. 1.2 a, b, c)
Linear-Maschine, linear oszillierend oder lineare Bewegung mit Wanderfeld

Transversal-FKM vs. Longitudinal-FKM

In der *longitudinal* arbeitenden FKM wird die *longitudinale* (Normalrichtung auf den Polflächen) befindliche Kraft-Weg-Kennlinie benutzt - der Hub ist variabel, je nach Polflächenform (Ebene, Konus, Tauchsysteem) etc. (Fig. 3).

Die kinematische Funktion im Betrieb der FKM entspricht also einer *Hubkolbenmaschine*, die in verschiedenen Typen (siehe ff.) realisiert werden kann.

Die *transversale FKM* unterscheidet sich insofern, als sich die abstoßenden Magnete *immer im gleichen* longitudinal-Luftspalt-Abstand befinden, aber die transversale Abstoßungs-Kraft-Weg-Kennlinie in Tangentialrichtung der Magnetflächen genutzt wird.

Der FM bewegt sich in der kinematischen Version ebenfalls transversal, aber *senkrecht* zu der Transversal-Bewegung der PM's, d.h. immer in gleicher Pol-Richtung (nicht von + → -).

Mit diesem Prinzip lassen sich Transversal-Maschinen als Wanderfeld-FKM's (Translations-Maschinen) und Drehfeld-FM's (Rotations-Maschinen) realisieren - siehe FKM-Typen.

Beim Verschieben des FM muß auf den Gleichgewichtszustand geachtet werden, so daß sich keine asymmetrischen Anziehungskräfte auf den FM ergeben. Auch hier kann ein PS verwendet werden, um den Luftspalt mit großem Feldfluß überbrücken zu können.

Scalierung (in Nano-, Mikro-, Makro-, Groß-Technologie)
Alle vorgenannten verschiedenen Betriebsbedingungen lassen sich durch das vom Verwendungszweck abhängige Bauprinzip in jeder Scalierungsstufe lösen - das Funktionsprinzip der FKM bleibt dabei gleich.

Paradigmenwechsel

Die *Feldkraftmaschine* ist einerseits ein Pendant zur *WärmeKraftmaschine* (beide erzeugen eine Kraft bzw. Energie im Kreisprozeß im p, V-Diagramm und die durch die Kurbelwelle in ein Drehmoment umgeformt werden kann) und andererseits zum Dynamo-Prinzip von Michael Faraday (elektrischer Strom wird erzeugt durch Bewegung eines elektrischen Leiters in einem Magnetfeld), jedoch mit dem wesentlichen Unterschied, dass im ersten Fall Treibstoff (Benzin/Gas etc.) und im zweiten Fall mechanische Energie (Drehmoment, Kraft) von *aussen* zugeführt werden muss.

Beim FKG werden die Feldbatterien als Permanentmagnete (PM / PE / SM) nur einmal von außen zugeführt/eingebaut - die Systemgrenze befindet sich also vor den Magneten. Jedoch befindet sich das antreibende, Kraft erzeugende *permanente* Energiefeld (Feldkraft der Magnet-Feldbatterie) im Gesamtsystem der Maschine (zunächst vergleichbar mit einer eine sehr lange Zeit haltenden elektrischen Ladung einer Batterie oder sehr lang haltende Brennstäbe eines KKW). Im Unterschied zu Kernbrennstäben müssen die Feldbatterien, wegen ihrer besonderen Eigenschaften, nicht mehr ausgetauscht / erneuert werden. Eine irgendwie geartete weitere Energiezufuhr von außen ist also bei Feldbatterien in ihrer praktisch unbegrenzten Lebenszeit *nicht* notwendig.

Die Feldkraftmaschine als nicht-klassische feldquanten-dynamische Maschine führt deshalb zu einem Paradigmenwechsel: Vom *Primat der Materie* (Teilchen = Elektronen-Fluß im Leiter, Kernenergie mit Neutronen-Fluß, fossile Brennstoffe etc.) zum *Primat des Energiefeldes* (Feldquanten-Fluß mit Schaltung des Austausch-Feldes).
 Heute: *Verbrauch* von Materie (Benzin, Brennelemente etc.).
 Fundamental neu: aktive *Nutzung* von Energiefeldern.

Fortschritt / Nutzen

Jede Art von Verbrennungs- / Elektro-Motor / Gas-Turbine / Batterie (bei Autos, Flugzeugen, Eisenbahnen, Schiffen, Bikes, Computern, Herzschrittmachern, Energie-"Quelle" im Eigenheim bzw. Kraftwerke, etc.) kann ersetzt werden, so dass in der Lebenszeit des Systems nicht nachgetankt bzw. nachgeladen werden muss.

Der FKG liefert in der Energiebilanz folgendes Ergebnis:

1. Heutige Generatoren und Motoren nutzen die Tangentialkraft an der Oberfläche. FKG und FKE hingegen nutzen in der Longitudinal-Maschine die Normalkraft (senkrecht zur Oberfläche): dadurch entsteht eine erhebliche Kraft-/Drehmomentsteigerung.
2. Der hohe Wirkungsgrad entsteht durch das longitudinal-zu-transversal Kraft-Weg-Verhältnis, d.h. Kraft-Weg der Feldbatterie-Arbeit W_{ab} in Normalenrichtung zu Kraft-Weg des Feldmodulators in Transversalrichtung Arbeit W_{zu} (FM = fast kraftlos schaltbar).
3. Der Felddruck p und die daraus entstehende Kraft F entlang des Hubes h (Weg in Normalenrichtung) im Volumen V = Arbeit im p , V -Diagramm, wird durch die Erfindung des Pleuellängen-Variators mit Kurbelwelle und einem Hebelarm bei $\varphi = 90^\circ$ KW, statt wie bei der klassischen Kurbelschleife bei $\varphi = 0^\circ$ - 12° KW, eingeleitet - so entsteht wegen der höheren Effizienz des Translations-Rotations-Wandlers (Pleuellängen-Variator) - ein wesentlich höheres Drehmoment und eine höhere Leistung der Maschine.

1. Feldkraftgeneratoren (FKG)

A. Darstellung der Erfindung

I. Grundprinzip/Aufbau

Der Feldkraftgenerator besteht aus 3 Teilen: 2 Feldbatterien FB und ein Feldmodulator FM. Die Feldbatterien können Magnete (Permanent-Magnete PM oder Supraleitermagnete SM) mit Steuerung der Wirkung des Magnetfeldes oder Permanent-Elektrete PE mit Steuerung der Wirkung des elektrischen Feldes sein. Das erfindungsgemäße Prinzip des Feldkraftgenerators kann auch bei nicht permanenten Potenzial-, Wirbelfeldern angewendet werden. Das Prinzip des Feldkraftgenerators ist analog auf alle Arten und Dipolfeldern von Potenzialfeldern, Wirbelfeldern und Dipolfeldern anwendbar.

Der Feldgenerator lässt sich demnach auch in den Prinzipien:

a) Wärmefeld-Kraftmaschine, FM ist ein Dithermikum, plus zwei Wärmefeldquellen (Thermikum), als thermischer Kondensator u./o.

b) Gravitationsfeld-Kraftmaschine, FM ist ein Digravitum, plus zwei Gravitationsfeldquellen (Gravitum), als gravitativer Kondensator realisieren.

Die Arbeit ist in diesen Feldern (Wärmefeld u./o. Gravitationsfeld) wegababhängig. Bei entsprechender konstruktiver Gestaltung lassen sich auch Feldsenken verwenden.

Der Feldkraftgenerator soll am Beispiel der Steuerung der Wirkung des Magnetfeldes bei PM's erläutert werden.

Der Feldkraft-Generator als Energie-"Quelle" (Magnet PM/SM oder Elektret PE) erzeugt im Falle des PM aus magnetischer Feldenergie permanenter ferromagnetischer Felder mit Hilfe eines Feldmodulators / FM mechanische Energie. Der FM ist eine dünne magnetisch schaltbar Ferro-Schicht mit Kippschalter-Funktion, die zwischen den Zuständen leitend- oder sperrend / isolierend und ggf. mit Verstärkungswirkung als aktiver FM für Magnetfelder oder Elektretfelder wirkt.

Bei der vorliegenden Erfindung werden als Feldmodulator auch neue magnetisch wirkende M-Dioden und M-Transistoren als M-Bipolar- bzw. M-Feldeffekt-Transistoren, sowie bei der Leistungsmagnetronik M-Thyristoren, M-GTO-Thyristoren, M-Thyristordioden, M-Triac und M-IGBT, eingeführt. Zweck: Schaltung / Verstärkung von Magnetfeldern, gleiches gilt für Elektretfelder.

Der FM, bei Impulsausgleich 2 FM-Teile, sind schwingende magnetostatische Massen mit negativer (anziehender) magnetostatischer Feldwechselwirkung (phänomenologisch wie quantenhafte Gitterschwingungen) und übermitteln eine anziehende Austauschwechselwirkung zwischen den antiparallelen "Leitungs"-PM's übermitteln. Die PM's verhalten sich in diesem Gleichgewichtszustand wie "gebundene" Cooper-Paare im Grund-Zustand mit $E=0$.

II. Magnetische/elektrische Kondensatoren

1. Definition, Dimagnetikum / Magnetikum, Dielektrikum / Elektrum

Dimagnetikum ($\mu_r \approx 1 > 1$) = nicht leitend (di = durch)
 Magnetikum ($\mu_r \rightarrow \max$) = leitend
 Dielektrikum ($\epsilon_r \approx 1 > 1$) = nicht leitend (di = durch)
 Elektrum ($\epsilon_r \rightarrow \max$) = leitend

2. Modell

Der Feldkraftgenerator wirkt wie ein *magnetischer* Kondensator mit *gleichnamigen* Vorzeichen (antiparallel) der Magnetisierungen auf den Magnet-Polflächen und einem dazwischen befindlichen Dimagnetikum zur gegenseitigen magnetischen Isolation und Herstellung des Gleichgewichtes zwischen Abstoßung PM's und Anziehung EM.

Zur Verdeutlichung sprechen wir dabei nicht von "Induktivität" im magnetischen System, sondern von "magnetischer Kapazität", da die Kraftwirkung zwischen den Magnet-Polflächen als magnetischer Kondensator mit dazwischen befindlichem Dimagnetikum (= Feldmodulator) erklärt werden soll.

Analoges Prinzip elektronischer Kondensator
 Im elektrischen Feld werden die Elektrisierungen im Ferro-/Ferrielektrum von Elektreten erzeugt.

Dimagnetikum = Feldmodulator

- a) transversal kinematisch passiv oder aktiv
- b) stationär passiv oder aktiv

Die Steuerung der Feldwirkung im Kondensator kann erfindungsgemäß auch bei nicht-permanenten Feldern und auch bei anderen Potential- und Wirbelfeldarten erfolgen.

3. M-/E-Kondensator-Funktion

Füllt man den Raum zwischen den magnetischen Leitern ("Quelle" = Magnete) eines magnetischen Kondensator mit einem magnetischen Isolierstoff (Dimagnetikum oder dimagnetisches Medium mit Permeabilität), dann *erhöht* sich die magnetische Kapazität C_m . Wird ein Dimagnetikum in den Zwischenraum hineingeschoben, dann *sinkt* die magnetische Spannungsanzeige des Magnetometers.

Gleiches Prinzip gilt analog für das Dielektrum mit der Kapazität C_e und Permittivität ϵ .

4. Kondensator – Funktion

Es besteht ein wesentlicher Unterschied zwischen einem magnetischen Kondensator ohne oder mit Dimagnetikum bei 1. konstanter magn. Spannung und einem Kondensator bei 2. konstanter Magnetisierung:

Kraft zwischen zwei Magnetisierungen

Beim Coulombschen Gesetz steht ϵ_r im Nenner, so auch μ_r beim magnetischen Kraft-Gesetz, d.h. die Kraft zwischen zwei Ladungen/Magnetisierungen ist im

dielektrischen/dimagnetischen Medium kleiner. Das ist ein Fall analog zum elektrischen/magnetischen Kondensator mit *konstanter Ladung/Magnetisierung*; mit Dielektrikum/Dimagnetikum zwischen den Platten/Magnet-Platten werden *Spannung U bzw Θ und Feldstärke E bzw. H kleiner*.

Ob die Energiedichte im Medium größer oder kleiner ist als im Vakuum, hängt von den Randbedingungen ab: In Fällen, die analog zum "Kondensator mit *konstanter Spannung*" sind, bleibt H bzw. E konstant und w_e bzw. w_m ist proportional zu ϵ_r bzw. μ_r . In Fällen analog zum "Kondensator mit *konstanter Ladung/Magnetisierung*" (Typ FKG) ist sowohl E bzw. H als auch w_e bzw. w_m proportional zu $1/\epsilon_r$ bzw. $1/\mu_r$.

Das Grundprinzip des FKG ist demnach:

1. Die Wirkung eines magnetischen Kondensators mit Dimagnetikum zwischen den Magnet-Platten und
2. Die Herstellung eines Gleichgewichtes zwischen der Abstoßung der antiparallel angeordneten Magnet-Platten PM's (positive Energie) und der Anziehung durch das Dimagnetikum FM (magnetische Kapazität als negative Energie).

Die Variante anziehende Magnet-Platten und ein FM in der Mitte mit abstoßender Wirkung ist mit diamagnetischem FM-Stoff möglich.

Hierzu gehören: Edelmetalle
Ionenkristalle, Van-der Waals-Kristalle
kovalente Kristalle, Molekülkristalle
Typ-II-Supraleiter
Typ-I-Supraleiter

Ein FKG-Anti-Kondensator-Prinzip besteht darin:

1. zwei dimagnetische Platten befinden sich im Gleichgewicht ohne FM dazwischen und werden erst *angezogen*, wenn ein anziehender FM-PM dazwischen ist.
2. zwei diamagnetische Platten befinden sich im Gleichgewicht ohne FM dazwischen und werden erst *abgestoßen*, wenn ein abstoßender FM-PM dazwischen ist.

5. Magnetische Kondensator-Typen

Erfindungsgemäß befindet sich zwischen den Magnetroden (Elektroden) M-Anode ./ M-Kathode das Dimagnetikum. Ein Diagramm kann die Spannungs-Kapazitäts-Bereiche der magnetischen FM-Kondensatortypen zeigen.

- Ferro-/ferri-Metallfolie und Dimagnetikumsfolie
- metallisierte Ferro-/ferri-Dimagnetikumsfolie
- Magnetolyt
- Sinter-Dimagnetikum
- Ferro-/Ferri Keramik

Klasse I: niedrige Dimagnetizitätskonstante μ_r

Klasse II: hohe Dimagnetizitätskonstante μ_r

Klasse III: sehr hohe Dimagnetizitätskonstante μ_r

Als Ausgangsmaterial wird eine ferro/ferrimagnetische Scheibe verwendet, die durch Reduktions- und Oxidationsprozesse magnetische Halbleitersperrschichten

bildet, die wie ein Dimagnetikum wirken
 → spannungsabhängige Kapazitätswerte
 Herstellung als Vielschicht-Kondensatoren
 → hohe Volumenkapazität

- 5 - Einstellbare Kondensatoren
- Drehkondensator
 - Luft-/Ferro-/Ferri-Keramik-Trimmer
 - integrierter magnetischer Kondensator
 - Kapazitätsdioden
 - 10 - FM-Blockkondensator,
 - FM-Drehkondensator

Alle Kondensatoren sind erfindungsgemäß in magnetischem (Magnet) oder elektrischem (Elektret) Prinzip realisierbar.

15 iii. Wirkprinzip FKG-System

1. Feldkraftgenerator (FKG)

Es werden bei der Erklärung des Wirkprinzips der Einfachheit halber in der weiteren Beschreibung die Begriffe auf ferro-/ferrimagnetische Stoffe und Wirkungen bezogen, obwohl die Wirkungsprinzipien der ferro-/ferrelektrisch weichen und harten Stoffen phänomenologisch gleich sind und sich der Patentanspruch auch auf diese phänomenologisch symmetrischen Wirkungsprinzipien bezieht (vgl. Hysterese) Dies gilt auch für den Supraleitermagneten als SM-Ersatz.

- 25 Der Feldmodulator mit der Dicke s ist in der Version
- A) *in der Mitte zwischen* den sich longitudinal abstoßenden Magneten (Fig. 4), in der Version „Inline-FM“
 Der FM kann auch je 1/2 geteilt sein (Impulserhaltung, kürzere Verschlußzeit). Feldkraft 1/2 für Abstoßung, 1/2 für PM-FM-Anziehung
- 30 B) *außerhalb* der sich dabei bis auf $d \rightarrow 0$ näher als bei A) kommenden Magnete (ohne dazwischenliegenden FM mit Dicke s) angeordnet (Fig. 5), Outline-FM

35 und stellt bei geeigneter Dicke s ein *Gleichgewicht* durch *Anziehung* zwischen den sich *abstoßenden* antiparallel orientierten Magneten her, weil der weichmagnetische Stoff stark anziehend, entsprechend der Permeabilität, (negative Energie = anziehend, positive Energie = abstoßend) auf die beiden Magnete wirkt.

40 Wird der kinematische Feldmodulator *transversal* parallel zur PM-Fläche (Tangentialrichtung) verschoben und aus dem Wirkungsbereich der PM's entfernt, so wird geringere Arbeit benötigt (→ transversale Kraft-Weg-Kennlinie, transversale Anziehung des FM von den PM's wird kompensiert), als die

45 longitudinale Arbeit bei Abstoßung der PM's (→ longitudinale Kraft-Weg-Kennlinie senkrecht zur PM-Fläche (in Normalenrichtung)), weil im günstigsten Fall ein Feld mit magnetischer Vorzugsrichtung *quer* zur FM-Bewegung, d.h. auf einer Äquipotentialfläche (potentielle Energie bleibt gleich), geschnitten wird (Fig. 6).

50 Feldlinien quer schneiden auf Äquipotentialfläche → keine Arbeit, keine

potentielle Energie. Bem.: Bei inhomogenem Feld in x-Richtung kann der FM sich senkrecht dazu in y-Richtung auf einer Äquipotentialfläche ohne Arbeitsaufwand bewegen. F_t wegen nicht streng homogenem Feld.

5 Der Feldkraftgenerator wechselt vom Zustand des Gleichgewichtes zwischen "PM-Abstoßung und FM-Anziehung" in den Nicht-Gleichgewichts-Zustand (Kippfunktion = nichtlineare Kippschwingung). Dabei erhalten beide PM einen elastischen Feld-Stoß (Impuls) in longitudinaler Richtung und bewegen sich deshalb von der OT-Position der Kurbelwelle zu einer UT-Position in der der FM wieder geschlossen wird und bei FM = "Zu" ein erneutes magnetisches Gleichgewicht herstellt, so dass die PM's in die OT-Position ohne Gegenkraft (Abstoßung) zurück bewegt werden können (Fig. 7).

10 Die Bewegung zwischen den Gleichgewichts-Zuständen bei OT und UT-Position erfolgen dynamisch oszillierend und bei verschiedenen Drehzahlen (Frequenzen, parametrisch angeregt durch den FM).

20 Durch die *transversal kinematisch* oszillierende Bewegung des FM-Verschlußes (von transparent / Luft = "AUF" nach intransparent = weichmagnetischer Stoff im Feld = "ZU") oszillieren die Magnete, wobei

25 a) eine *Rückstellkraft*, z.B. durch die Schwungmasse einer Schwungscheibe (mit Schwingungsdämpfer dämpft auch die Feld-Stöße in den Takten und Beschleunigungen / Verzögerungen bei OT/UT) auf einer Kurbelwelle, bewegt die Magnete in die Ausgangsposition (OT= oberer Totpunkt = 0° KW) zurück (Kreisprozeß, Leerhub), oder

30 b) zwei weitere weitere Magnete mit je einem FM in der UT-Position (UT = unterer Totpunkt = 180° KW), die Rückstellung Richtung OT durch *Abstoßung* bewirken, während der 1. FM geschlossen ist, also keine abstoßende Kraft zwischen den Magneten bei OT besteht (Fig. 8).

35 Der oszillierende Feld-Stoß, als Impuls auf die Pleuels übertragen, wird bei OT (und ggf. UT = Nutzung von Hub -h) als Nutzarbeit verwendet. Z.B. elastischer Feld-Stoß \rightarrow Druck auf die PM-Fläche mit Bewegung im Volumen $V \rightarrow$ Kraft zur Bewegung einer Spule im Magnetfeld als E-Wanderfeld-Linear-Generator, oder umgewandelt in ein Drehmoment mittels Pleuellängen-Variatoren und Kurbelwelle (Fig. 9).

40 2. Magnet- / Elektret-Feldbatterie Feldbatterie - / Magnetdesign (PM)

45 Zwei 2 Feldbatterien = Permanentmagnete in abstoßender (oder auch anziehender Wirkung) orientiert (antiparallel) stoßen sich mit großer Kraft ab. Entscheidend ist beim Feldbatterie- / Magnetdesign das Verhältnis von Kraft zu Eigengewicht, das zu optimieren ist, um die kinetische Energie der bewegten Magnete klein und ihre Kraft groß zu erhalten. Hierbei bestimmt die Kraft-Weg-Kennlinie in Normalenrichtung die Arbeit W , die in einem p,V-Diagramm im irreversiblen Kreisprozeß erzeugt werden kann. Ein besonders vorteilhaftes Magnet-Design wird durch eine Sandwich-Anordnung erreicht.

Als Feldbatterie bezeichnen wir in x-y-z oder im Dreiecksnetz angeordnete Magnete bzw. Elektrete bzw. Supraleitermagnete (**Fig. 10**)
Die PM's bzw. PE's oder SM's können zu PM- / PE- / SM-Feldbatterien zusammengeschaltet werden, um eine kumulativ hohe Kraft bei relativ niedrigem Eigengewicht zu erhalten.

Die PM bzw. PE sind auszulegen nach einem *Optimum von Haftkraft zu Eigengewicht* unter Repulsionsbedingung, so dass keine Entmagnetisierung stattfindet (beachte Entmagnetisierungsfaktor $N=1$ bei $(BH)_{\max}$).
→ Minimierung der kinetischen Energie.

Die longitudinale Kraft-Weg-Kennlinie ist entsprechend dem Oszillations-Hub und der geforderten Drehmomententfaltung in ihrer Kraft-Weg-Funktion zu gestalten (z.B. ebene Polfläche, konkave Fläche, Konus, Tauchmagnet, etc.)

3. Feldmodulator (FM)

Feldmodulator Grundprinzipien

Der Feldmodulator FM wird mit *kinematischem* oder *stationärem* Prinzip betrieben.

1. Kinematischer FM: Der *kinematische* FM kann *passiv* und/oder *aktiv* gebaut werden; er schaltet zwischen Materie im Feld (FM leitend) nach Luft/Gas/Vakuum im Feld (nicht leitend).

Die aktive Version nutzt die Wirkung von anziehenden Hilfsfeldern zur

- a) Unterstützung der Anziehung oder
- b) mit anziehender Wirkung zur Reduktion der Dicke des FM
- c) zur Kompensation von anziehenden/ abstoßenden Wirbelstrom-Wirkungen bzw. magnetischen Transversaleffekten

2. Stationärer FM: Der *stationäre* FM ist nur als *aktiver* FM mit verschiedenen alternativen Wirkprinzipien realisierbar.

Feldmodulator - Arten

Der Feldmodulator ist ein Dimagnetikum. 1 FM zwischen 2 PM wirkt wie ein magnetischer Kondensator mit dem wesentlichen Merkmal der Erzeugung eines Gleichgewichts-Zustandes durch Einbringen der magnetischen Kapazität. Ein Feldmodulator zwischen den beiden Magneten kann deshalb die Abstoßung der PM's an- oder abschalten (nur die Wirkung des Feldes, d.h. der Energie im Raum zwischen den Magneten). Der FM hat den Zustand "Auf" oder "Zu". Bei diesem Schaltvorgang wird der FM von "nicht leitend" = "Auf", z.B. Luft zwischen den Magneten, nach "leitend" = "Zu" = ferromagnetischer Stoff zwischen den Magneten, geschaltet. Durch den ferromagnetischen Stoff im Spalt zwischen den Magneten wird die magnetische Kapazität so erhöht, dass ein Gleichgewichts-Zustand zwischen Abstoßung der PM's und Anziehung des ferromagnetischen Stoffes (FM-Dimagnetikum) eintritt: Bei FM = "Zu" befinden sich die 3 Elemente im statischen und dynamischen (Wirbelströme) Gleichgewichts-Zustand.

Es ist noch auf den Arbeitspunkt bei maximaler Leitfähigkeit (μ_{\max} bei B_{opt}) des ferro-/ferrimagnetischen Stoffs im Magnetfeld zu achten; im Arbeitspunkt der Flußdichte-Feldstärke-Kennlinie ist die Schaltwirkung optimal und führt zu einem

dünnen Feldmodulator, der bei Stellung "Auf" zu einem sehr kleinen Luftspalt führt. Zu beachten ist eine bestimmte magnetische Formanisotropie, die die Leitwirkung in tangentialer Richtung maximiert (Sperrwirkung in Normalenrichtung).

Um den Luftspalt und damit den Kraft-Weg-Verlust zu verhindern, kann ein Polschuh (PS) mit anisotropen ferro-/ferrimagnetischen Material eingesetzt werden. Dieses anisotrope Material zwischen den Magneten leitet vorzugsweise in Normalenrichtung, so daß die Abstoßung nur ganz gering gemindert wird. Zu beachten ist auch eine bestimmte magnetische Formanisotropie, die die Leitung in Normalenrichtung maximiert (Sperrwirkung in Tangentialrichtung).

Der Feldmodulator und Polschuh können in kinematischer (instationärer) oder stationärer Version angefertigt werden. Beim stationären FM bzw. PS wird die "Transluzenz" für magnetische Flußquanten zwischen "Auf" und "Zu" geschaltet, ohne dass der FM bzw. PS bewegt werden muß. Bei der kinematischen Variante wird der FM/PS in seiner Lage oszillierend bewegt.

Der FM bzw. PS kann als Inline-FM (zwischen den Magneten) und als Outline-FM (außerhalb der Magnete) angeordnet werden. Der Zustandwechsel Gleichgewicht/Nicht-Gleichgewicht bleibt davon unberührt.

Die Feldwirkungs-Steuerung des FM kann mit Leitfähigkeitsmodulation oder mit Kanalquerschnittsmodulation durch ein Feld quer zum Kanal erfolgen.

3.1 Unterscheidung zwischen kinematischen und stationären FM

Kinematischer FM: transversale Bewegung / Oszillation mit transversaler Magnetischer Anziehungs-, induktive Wirbelstrom- (magn. Abstoßung), sowie Wärme-Kompensation, falls diese auftreten. Bei Ferriten entstehen so gut wie keine Wirbelströme, weil diese einen sehr hohen spez. elekt. Widerstand haben.

FM-Verschluß offen = Luft, Gas, Vakuum zwischen den PM,
FM geschlossen = weichmagnetischer Stoff plus ggf. statische / dynamische Hilfs-Felder als aktiver FM (Fig. 11).

- F_t wegen PM (transversal schwach anziehend) und wegen Wirbelstromkräfte (schwach bremsend) bei Oszillation des FM = Dämpfung der Schwingung, Lorentzkräfte hemmen die Bewegung auch wenn sich das B-Feld zeitlich ändert (PM-Oszillation). Wirbelstromverlustleistung proportional der Blechdicke $\rightarrow < s$.
Beachte bei hohen Frequenzen Skin-Effekt.

\rightarrow Aktiver FM mit dynamischem Kompensations-System
(Anti-Wirbelstrom-System)
Transversalkraft-Kompensation.

Der kinematische FM kann Komponenten des aktiven FM tragen, um gewisse negative Induktions-Kraftwirkungen zu kompensieren (Fig. 12).

Stationärer FM: Dynamische Änderung der Leitfähigkeit (Permeabilität bzw. Permittivität) ggf. plus dynamische Hilfs-Felder (Anziehungs-Basis verstärken + Wirbelstrom- Abstoßungs-Kompensation).

Der stationäre FM verbleibt immer in seiner Position in der Mitte (Symmetrieebene) zwischen den PM's. Dieser FM-Typ kann nur als *aktiver* Schalter/Verstärker gebaut werden, da er in der Änderung seiner stationären Wirkung geschaltet und nicht in seiner Position transversal kinematisch verschoben wird.

Stationärer FM:

"Zu" = "Isolator"/Sperrschicht = hohe Permeabilitätszahl $\mu_r > 1$
= Ferro-/Ferrimagnetismus

"AUF" = transparent = niedrige Permeabilitätszahl $\mu_r \approx 1$
= hoher Paramagnetismus (Fig. 13).

Übersicht FM-Typen

a) Leitend / nicht leitender FM (ParaFerro/Ferri-FM etc.)

c) M-Transistoreffekt mit magnetischem Halbleiter-FM.

b) M-Tunneleffekt von Flußquanten durch den geschlossenen FM (Fig. 14).

Die Varianten a) können ohne oder wegen induzierter Wirbelströme mit Lamellierung (Permeabilität-Schicht + Anti-Wirbelstrom-Struktur) (Bild 15) und offener/geschlossener Abschirmgehäuse-Geometrie verwendet werden (doppelräumiges Abschirmgehäuse mit je einem PM).

3.2 Passiver Feldmodulator

Der FM stellt in seiner Grundstellung (intransparent = "Zu") das notwendige Gleichgewicht zwischen Anziehung durch den FM und Abstoßung durch die PM's her (alle transversalen Kräfte sind Null).

Wirbelstrom-, Hystereseverluste und Spinrelaxation treten nur bei *dynamischer* Oszillation der PM's und bei elektrisch leitendem Stoff, bei hohen Frequenzen nur in der Oberfläche des FM, auf. Jede Flächenseite des FM ist zum jeweiligen PM gerichtet, da die Fläche nicht genau in der Symmetrieebene liegt (der FM hat die Dicke s). Die im FM negativ wirkenden induzierten Lorentz-Kräfte werden dynamisch kompensiert.

Außerdem sind die beiden PM's in der antiparallelen rückläufigen Gleichgewichts-Position (passiver FM geschlossen) orientiert, in der sich die Felddiffusionswirkungen im FM, bei Bewegung der PM's *hin* zum geschlossenen FM *im* FM, wegen der gegenseitig neutralisierenden abstoßenden Wirkung der PM-Felder (Lorentz-Kraft aufgrund des kompensierten Induktionsstromes = induziertes magnetische Moment (Lenz'sche Regel) = null) *in der Mitte* des FM (wegen der gegenläufigen Drehrichtung der Wirbelströme) aufheben. Sie heben sich jedoch nicht an der Oberfläche des FM - wegen der Entfernung Δs von der Mitte (Symmetrieebene) des FM zum PM - auf. Auch die Ummagnetisierung des FM tritt in der Mitte des FM nicht ein, weil sich die Feldwirkungen in der Mitte des FM gegenseitig aufheben (Gleichgewichts-Zustand).

Dynamische Kompensation der induzierten Lorentz-Kraft bei elektrisch leitendem FM-Stoff und magnetische Vorspannung

Alle auftretenden *dynamischen* Effekte an der *Oberfläche* des FM (im Ergebnis *abstoßende* Kräfte bei *Annäherung* der PM's an den FM (FM = geschlossen) (→ Lenzsche Regel)) werden *dynamisch kompensiert* durch einen *aktiven* FM, oder durch eine magnetisch *anziehende* "Vorspannung", die erst bei *höheren* Frequenzen zum "statischen" Ersatz-Gleichgewicht kommt, weil bei Stillstand ein aktiv anziehendes FM-Hilfs-Feld die fehlende Anziehung kompensiert. Damit wird der statische Gleichgewichtszustand in höhere Frequenzen verlagert und der FM kann in der Dicke *s* dünner werden, was zur Folge hat, dass die PM's dynamisch einander näher kommen können und damit die *abstoßende* Kraft beim Stoß (FM = AUF) viel größer ist (beachte Kraft-Weg-Kennlinie). Im statischen Zustand ist bei magnetischer Vorspannung, ohne eingeschaltetes Hilfsfeld, die Abstoßung größer als das Gleichgewicht, womit die PM's einen gewissen neuen, größeren Gleichgewichts-Abstand, verrückt um Δs einnehmen, der nicht der FM-Dicke *s* entspricht.

Der Feldmodulator wirkt in geschlossenem Zustand (FM = leitend) für ein Magnetfeld wie eine Sperrschicht / "Isolator", genau so wie in einem M-Transistor (= Feldquantenventil), wenn die Basis gesperrt geschaltet ist, oder der Kanalquerschnitt durch das angelegte Gate-Feld für Feldquantenfluß = null ist).

Die Permeabilität μ der weichmagnetischen Legierung bestimmt die Dicke *s* des FM zwischen den PM's (magnetische Leitfähigkeit $\mu = \mu_0 \mu_r$) durch sehr hohe Permeabilität.

Die sehr unterschiedlich "abschirmende" Wirkung in einem geometrisch *offenen* oder *geschlossenen* Gehäuse (magnetischer Nebenschluß) bestimmt den Grad der *gegenseitigen* Abschirmung der sich *abstoßenden* PM's - jeder PM kann sein eigenes Gehäuse haben, die durch den FM gekoppelt sind (Fig. 16).

Bem.: In *geschlossener* Geometrie werden frequenzabhängig Wirbelströme induziert, die zur Erhöhung der Abstoßung führen, aber nur dann, wenn Streufelder in das Gehäuse gelangen, siehe ff. Kapitel Feldmodulator.

Der FM läßt die permanent gespeicherte potentielle Feldenergie der PM's in ihrer Wirkung (Kraftwirkung als Feldquantenfluß) *durch* oder *sperrt* diese (ähnlich einem Kameraverschluss für Photonen von der Sonne).

Der Feldmodulator aus sehr gut magnetisch *leitendem* weichmagnetischem Stoff mit entsprechender Dicke *s* hat eine *anziehende* Wirkung auf die PM's, die *umso stärker* ist, *je dicker* er ist - damit wird die zunächst große Abstoßung der PM's mit zunehmender Dicke zum Gleichgewichts-Zustand, und dann bei weiter zunehmender Dicke vom Gleichgewichts-Zustand mit dem FM, in eine *starke Anziehung* in der Kraft-Weg-Kennlinie gewandelt.

Die PM's können normalerweise keine *stabile* Gleichgewichtslage einnehmen, wenn nicht der FM symmetrisch zu den PM's positioniert ist und die PM's nicht

mechanisch über Zahnräder oder Kurbelwelle gekoppelt sind, so dass sie sich nicht *einseitig* nähern können (labiles Gleichgewicht), ohne den anderen PM gleichzeitig mit zu verrücken.

5 Ab einer bestimmten Dicke s etc. *kippt* das Gleichgewicht in eine *starke* Anziehung durch die PM's. Umgekehrt wird die Anziehung *vergrößert*, wenn die Dicke s *kleiner* als im Gleichgewichts-Zustand ist (Fig. 17a - c).

10 Die Dicke s , Form, Stoff, innere Struktur, etc. des FM *regelt* so den Gleichgewichts-Zustand der mechanisch symmetrisch gekoppelten PM's durch eine nichtlineare Kippfunktion ein. Dies ist das Grundprinzip eines *passiven* FM.

15 Entscheidend ist die hohe Permeabilität (magn. Leitfähigkeit), Aussteuerung bei $\mu_{\max} / B_{\text{opt}}$ und entsprechender *Legierung* sowie die anisotrope Kristallstruktur; *ebenso* die Änderung von μ bei anderer Blechdicke und Lamellenform.

20 Es gibt noch ein *aktives* Grundprinzip in dem der FM, z.B. in der Permeabilität-Induktion-Kurve, oder in der Temperatur-Induktion-Kurve (Schaltung der Wirkung von ferromagnetisch nach paramagnetisch bei Curie-Temperatur T_C), von "transparent" = "AUF" (nicht leitend), nach \rightarrow "intransparent" = "ZU" (leitend), geschaltet wird. Sinngemäß gilt das auch für ferrimagnetische und ferro-/ ferrielektrische Stoffe (Fig. 18a - e).

25 Auch der SM kann durch einen Temperaturgradienten von supraleitend in normalleitend geschaltet werden.

Energiebilanz zwischen longitudinaler zu transversaler Kraft-Weg-Kennlinie

30 Der kinematische FM bewegt sich in *transversaler* Richtung vorzugsweise auf einer Äquipotentialfläche, also *quer* zur magnetischen Vorzugsrichtung der PM-Felder und quer zur Longitudinalrichtung der (im allgemeinen inhomogenen) Kraftfelder im Gleichgewichtszustand bei OT.

35 Bei longitudinaler Bewegung des FM würde potentielle Energie benötigt bzw. gewonnen, so dass bei kinematisch-oszillierendem FM - bedingt durch den Gleichgewichtszustand PM-FM-PM und hohe magnetische Leitfähigkeit im FM - *sehr wenig Energie* verbraucht wird, \rightarrow *Verhältnis longitudinales Kraft-Weg-Integral* (PM-Arbeit) zu *transversalem Kraft-Weg-Integral* (FM-Arbeit).

40 \rightarrow Die Arbeitsdifferenz ist sehr groß (Fig. 19) und fällt zugunsten der FM-Bewegung mit $E \rightarrow 0$ aus. Folge: Der FM kann fast kraftlos transversal bewegt werden (beachte auch ferrimagnetischer Stoff ohne induzierte Wirbelströme; bei elektrischen Leitern wird durch ein Anti-Wirbelstrom-Prinzip die Lorentz-Kraft unterbunden).

45 Der FM schaltet nur die *Wirkung* des Kraftfeldes, d.h. der Austauschwechselwirkung = der spontanen Magnetisierung / Polarisierung bzw. der Spinnmomente oder Momente der SM's.

50

Die Verbesserung der magnetischen Vorzugsrichtung kann z.B. durch weichmagnetisch *kornorientiertes* Blech oder durch einen Stoff mit starker Kristallanisotropie, z.B. mit hexagonaler Struktur, erfolgen.

Der FM kann deshalb eine magn. Vorzugsrichtung in Richtung der Magnetfeldlinien haben, also vom PM+Pol zum PM-Pol eines und desselben PM. Die Kraft-Weg-Kennlinie (Arbeit) ist unterschiedlich, je nachdem ob die FM-Bewegung parallel im Feld und Polrichtung oder senkrecht dazu, also auf einer Äquipotentialfläche, stattfindet und ob das Blech kornorientiert ist oder nicht (üblicherweise ist die Kornrichtung parallel zur Walzrichtung) (Fig. 20).

3.3 Aktiver Feldmodulator

Ergänzt wird das *passive* FM-Grundprinzip durch ein *aktives* FM-Prinzip und zwar unabhängig davon, ob ein *kinematischer* oder *stationärer* FM benutzt wird.

Entscheidend ist, dass statische und/oder dynamische Kräfte *kompensiert* werden müssen - wenn sie störend auftreten, womit im allgemeinen die induzierten Lorentz-Kräfte gemeint sind, aber auch magnetisch transversale Kräfte, wenn sie bei der Bewegung des FM auftreten.

Auch kann ein aktiver FM benutzt werden, um die FM-Dicke reduzieren zu können, da der weichmagnetische FM-Stoff in einer FM-Spule verstärkend wirkt.

1. Grundprinzip des FM = statisches Gleichgewicht mit weichmagnetischem Stoff mit FM-Dicke $|s|$ etc., zunächst ferrimagnetischer Stoff, weil dieser so gut wie keine induzierten Wirbelströme zulässt.

Wird zur Optimierung auf metallische Stoffe übergegangen, so können Anti-Wirbelstrom-Prinzipien angewendet werden (→Pkt. 3).

2. Wirkungskompensation der Abstoßungskraft bei *dünnere* FM-Dicke s
a) durch statisch anziehendes Hilfs-PM-Gleichfeld mit verstärkend wirkendem magnetischen Kippschalter, siehe ff.

b) durch aktiv dynamisch anziehendes Hilfs-Feld mit verstärkend wirkendem weichmagnetischen Kern, siehe ff.

c) durch Anziehung verstärkende, statt schaltende Funktionen, z.B. mit einem verstärkenden M-Transistor-Effekt.

3. Dynamische Wirkungskompensation der *negativen* Kraft (Abstoßung) aus Wirbelstrom-, Ummagnetisierungs- und Spin-Relaxations-Effekten:

a) dynamisch angepaßte, kinematisch bewegte, anziehende weichmagnetische Lamellen, ändern die FM-Dicke s dynamisch mit der Frequenz

b) durch magnetische anziehende Vorspannung mit konstantem Hilfs-PM-Gleichfeld

c) durch dynamisch variable anziehende aktive Hilfs-Felder mit weichmagnetischem Kern, siehe ff.

4. Elektrodynamischer Feld-FM als Ersatz für den weichmagnetischen FM mit Dicke s (schlechtester Wirkungsgrad, da keine Verstärkung durch weichmagnetischen Stoff)

Alle Varianten sind voll regelbar von den Zuständen "transparent" mit $\mu_r \approx 1$ bis "intransparent" mit $\mu_r \rightarrow \mu_{\max}/\text{Bopt.}$

4. Polschuhe zur Überbrückung des Luftspaltes bei kinematischem FM
Als Option zur Übertragung der Feldkraft *ohne* FM-Luftspalt (\rightarrow Kraftfeldschluß) kann erfindungsgemäß wie folgt verfahren werden:
Über einen PS wird im offenen Zustand des FM eine Fluß-Brücke durch einen oder zwei Polschuh(e), (je nach Konstruktionsvariante), zwischen den sich abstoßenden PM's hergestellt.

Wird der FM geöffnet, also transversal verschoben, so entsteht ein Luftspalt mit der Dicke $d=s+2\Delta d$, und in diesem Luftspalt entsteht ein großer Abfall der magnetischen Kraft in der Kraft-Weg-Kennlinie. Dieser Kraftabfall wird durch transversal, simultan mit der FM-Bewegung, nachfolgendem(n) Polschuh(e) mit hoher, stark anisotroper Leitfähigkeit in longitudinaler Richtung z.B.

- a) Co hexagonale Kristallanisotropie in 00.1-Richtung, oder
- b) kornorientiert, oder
- c) Ei-/Bikristall,

unter Ausnutzung der Formanisotropie, ausgeglichen - und damit das Feld durch gerichtet Flußleitung übertragen (Fig. 21).

Im Grunde wirkt der PS *umgekehrt* wie der FM:

Bei seiner Anwesenheit besteht hohe Leitfähigkeit in Richtung des Gegen-PM (entgegengerichtet wie der FM mit hoher Leitfähigkeit in transversaler Richtung).

Der "Polschuh" (PS) besteht aus mehreren Flußleit-Übertrager-Stücken. Die Flußleit-Stücke stellen den Fluß in Normalenrichtung zwischen den einzelnen Polen der *verschiedenen* sich abstoßenden Magnete her, so daß die ursprüngliche Kraft der PM im Abstand $h=0$ mit fast 100% übertragen werden kann. Es bestehen ggf. nur noch die 2 Luftspalt-Lücken Δd , die als Spalt zur mechanisch reibungsfreien Bewegung des FM/FP/FS dienen, wenn nicht eine Keil-Funktion benutzt wird (\rightarrow KonstruktionsVarianten).

5. PM-Kolben und PM's im Magnetkreis mit *Anziehung*

Erfindungsgemäß wurden die FKG-Konstruktionen im *Abstoßungs-Prinzip* erklärt.

Die Fig. und Texte (Fig. 22) zeigen, dass, konstruktionsbedingt durch FM-Flußumleitung, erfindungsgemäß auch ein *Anziehungs-Prinzip* mit anziehendem weichmagnetischem Gegen-PM, statt mit abstoßendem Gegen-PM, realisiert werden kann. Das Magnetfeld wird durch die hochleitfähigen, im Gleichgewicht von Anziehung (FM) und Abstoßung (PM's) stehenden und schaltbaren FM's, herausgeführt, so daß der weichmagnetische Kolben den Magnetkreis schließt: Prinzip Anziehung

durch 2 FM's. Folge: Die FM's leiten den Magnetfluß ohne physikalische Berührung (sehr kleiner Luftspalt) zum Kolbenboden/Joch; der Luftspalt ist sehr viel kleiner als die FM-Dicke. Im Gegensatz zu innen liegenden FM's (Inline-FM) mit Direktabstoßung und Kraftverlust - wegen der FM-Dicke = Luftspalt - wird bei dieser Lösung die maximale Kraft über den Magnetkreis zum Kolbenboden

geleitet (über die FM-Flußleitstücke). Die bewegte Masse ist viel kleiner als bei den vorhergehenden Lösungen, da die Magnete als Stator fungieren, nur die FM's und der Kolben (Anziehung) bewegen sich oszillierend. Problem: Tangentiale Trennkraft am Kolbenboden: Verringert sich simultan mit der Trennung der PM's (der Feldbatterie FB) durch die FM's.

6. Schalt-Zustände des FM

"ZU" = gesperrt/"isoliert"/intransparent/ = magn. *leitender* FM:

Physikalisch = magnetische Flußquanten können den FM wegen hoher Leitfähigkeit $\mu = \mu_0 \mu_r$ (aufgrund hoher Permeabilität) des FM in Normalenrichtung (Longitudinalrichtung) *nicht* durchqueren, sie werden in ihrem Fluß in Tangentialrichtung (Transversalrichtung) umgelenkt/umgeleitet nach außen, d.h. FM mit abschirmender Wirkung.

"ZU" bedeutet: Ferromagnetische anziehende Austauschwechselwirkung (Spinkopplungen) wirksam (\rightarrow FM eingeschaltet).

"AUF" = geöffnet/"nichtisoliert"/transparent = magn. *nicht leitender* FM:

physikalisch = magnetische Flußquanten können den stationären FM wegen sehr schlechter Leitfähigkeit (niedrige Permeabilität $\mu_r \approx 1$) des FM, bzw. beim kinematischen FM Luft/Gas/Vakuum, das Raumgebiet *durchqueren*. Die Flußquanten werden in ihrem Fluß nicht umgelenkt/umgeleitet, d.h. sie wirken als abstoßendes Feld in Richtung des antiparallel orientierten Gegen-PM, d.h. FM mit nicht abschirmender Wirkung.

"AUF" bedeutet: Ferro-/ferrimagnetische anziehende Austauschwechselwirkung (Spinkopplungen) unwirksam (\rightarrow FM ausgeschaltet).

Aus den Feldkraft-Stößen durch Öffnen des FM entstehen *longitudinale elastische* Stoßwellen aus magnetostatischen Sub-Feldquanten und daraus *zuerst* eine *mechanische* Primär-Kraft entlang des Weges in Normalenrichtung (Longitudinal-Maschine) oder des Weges in Transversalrichtung (Transversal-Maschine) bzw. ein Primär-Drehmoment bezüglich des Winkels (Rotations-Maschine).

Aus dieser Kraft/Drehmoment kann elektrischer Strom mit einem E-Generator gewonnen und/oder ein Antriebsmoment direkt genutzt werden.

Die Erfindung beinhaltet eine Systematik über verschiedenen FM-Prinzipien. Die Kompensation bzw. Eliminierung von induzierten Wirbelströmen mit Anti-Lorentz-Kraft und Anti-Lenz-Kraft sind durch besondere Konstruktionen und Wirkprinzipien gewährleistet.

IV. Wirkprinzip & Design Magnete / Elektrete

Offener Permanent-Magnetkreis /-Elektretkreis / Supraleiter-Magnetkreis
1. Design Permanent-Magnet (PM), Permanent-Elektret (PE)

Die Erfindungen gelten für ferromagnetische, ferrimagnetische und analog für ferroelektrische und ferrielektrische Stoffe.

Ferrimagnetische Stoffe haben einen sehr hohen spez. elektr. Widerstand, allerdings ist die Energiedichte wesentlich niedriger als bei ferromagnetischen Stoffen. Bei den nachfolgenden Festlegungen sind die ferro-/ferrielektrischen Stoffe (PE) in den Wirkprinzipien analog den ferromagnetischen Stoffen (PM) auslegbar.

Das Design hängt von verschiedenen Parametern in nachfolgender Rangfolge ab:

1. Magnetwerkstoff

2. Charakteristik, Kennlinien des PM-Typ: Entmagnetisierungskurve, Induktion B_r , maximales Energieprodukt $(BH)_{\max}$, Koerzitivfeldstärke H_{cJ} bei T, Curie-Temperatur T_c , Arbeitspunkt auf der Entmagnetisierungskurve mit Entmagnetisierungsfaktor $N=1$.

3. Design der Form des PM und Orientierung der Feldvektoren, z.B. runder Magnet vs. Zeilenmagnet.

4. Geometrische Dimensionierung mit Optimum von Haftkraft zu Eigengewicht $V=H/G$.

5. Longitudinale / transversale Kraft-Weg-Kennlinie funktional gestalten.

6. Verhältnis transversale x-Kennlinie zu transversale y-Kennlinie für Translation des FM: senkrecht vs. parallel zu den Feldlinien. Bei Verschiebung parallel zu den Feldlinien liegen Feldlinien in Richtung der Verschiebung \rightarrow Kraft in Richtung Feldvektor $+\rightarrow -$, bei Verschiebung senkrecht zu den Feldlinien werden die Feldlinien / Feldvektoren quer geschnitten \rightarrow fast kraftlose Verschiebung, ähnlich wie im homogenen Feld, hier auf Äquipotentialfläche.

2. Kraft/Gewicht-Optimierung des PM

2.1 Gesamt Haftkraft und Struktur der Permanent-Feldbatterie (FB)

Die FB kann durch Aneinanderreihung vieler Zellen-Magnete zu einer Magnet-Gruppe und mehrere Magnet-Gruppen zu einer Magnet-Matrix (z.B. Dreiecks-Netz, wie bei einem Supraleiter = dichteste Packung mit im Winkel dazu kinematisch oszillierenden FM, oder in x-y-Richtung mit orthogonaler FM-Oszillation) in einer Ebene und danach zu in einem Kaskadenaufbau (Schichtenaufbau in z-Richtung) mit vielen solchen Magnet-Matrizen zu einer Magnet-Batterie zusammengesetzt werden.

So erhalten wir eine *sehr große optimierte Kraft auf kleinem Raum mit kleinem Gewicht*. Die Addition der Haftkraft solcher PM-Pakete erbringt wesentlich mehr Haftkraft als ein gleich schwerer einzelner PM.

V. Wirkprinzip & Design Feldmodulator

1. Feldmodulator-Prinzipien (M-FM)

Allgemeine Prinzipien

Für die magnetische Feldmodulator-Steuerung unterscheiden wir:

- magnetische Feld-Leiter (Leitfähigkeit = hohes $\mu=\mu_0\mu_r$, beachte Aussteuerung in Permeabilität-Induktion-Kennlinie mit $\mu_{\max} - B_{opt}$).
- magnetische Feld-Nichtleiter ($\mu_r \geq 1$ (Luft, Vakuum, paramagnetische Stoffe, ferromagnetische Stoffe, etc.) = magnetische Isolatoren = Dimagnetika (dia = durch).
- magnetische Feld-Halbleiter.

Vorgenannte Systematik gilt für ferro- und ferrimagnetisch weiche Stoffe.

Wirkung bei ungleichnamigen PM-Polen des magnetischen Kondensator:
 Wird ein Dimagnetikum in ein magnetisches Feld gebracht, so nimmt die
 magnetische *Feldstärke* gegenüber der des Vakuums auf den μ_r -ten Teil ab,
 während die magnetische *Kapazität* durch das einbringen des Dimagnetikums
 auf das μ_r -fache *steigt*.

Bei gleichnamigen PM-Polen:
 Bei Einbringen des dimagnetischen FM \rightarrow Feldstärke sinkt (Spannung wird
 verringer) = Abstoßung wird kleiner, Kapazität steigt. Der FM wirkt in
 Richtung jedes PM wie ein PM mit ungleichnamigem Vorzeichen (anziehend),
 bzw. wie eine unmagnetisierte Platte

Im elektrischen Feld (Elektrete) gilt für die Feldleitung

- elektrische Feld-Leiter (Leitfähigkeit = hohes $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$, beachte Aussteuerung in
 Permittivität-Verschlebungsdichte-Kennlinie mit ϵ_{\max} - D_{opt} .
 - elektrische Feld-Nichtleiter ($\epsilon_r \geq 1$ (Luft, Vakuum, ferroelektrische Stoffe,
 Keramik (HDK), etc) = elektrische Isolatoren = Dielektrika (dia = durch).
 - elektrische Feld-Halbleiter
- Vorgenannte Systematik gilt für ferro- und ferrielektrisch weiche Stoffe.

Wirkung bei ungleichnamigen PE-Polen des elektrischen Kondensators:
 Wird ein Dielektrikum in ein elektrisches Feld gebracht, so nimmt die
 elektrische *Feldstärke* gegenüber der des Vakuums auf den ϵ_r -ten Teil ab
 (Spannung wird verringert), während die elektrische *Kapazität* durch das
 einbringen des Dielektrikums auf das ϵ_r -fache *steigt*.

Bei gleichnamigen PE-Polen:
 Bei Einbringen des dielektrischen FM \rightarrow Feldstärke sinkt (Spannung wird
 verringert) = Abstoßung wird kleiner, Kapazität steigt. Der FM wirkt in
 Richtung jedes PE wie ein PE mit ungleichnamigem Vorzeichen (anziehend),
 bzw. wie eine unmagnetisierte Platte

M-Feldmodulator und E-FM

M-FM = ferro-/ferrimagnetischer Feldmodulator
 (Gegensatz: ferro-/ferrielektrischer Feldmodulator = E-FM mit
 ferroelektrischen Stoffen). Die Funktionsprinzipien des M-FM sind auf die des
 E-FM phänomenologisch übertragbar.

Grundprinzip aller Feldmodulatoren ist die Schaltung oder Verstärkung bzw.
 Reduktion der Permeabilität/Permittivität im Spalt zwischen den PM's/SM's, d.h.
 von leitend nach nicht leitend bzw. "Zu" \rightarrow "Auf" oder umgekehrt. Die Kapazität
 wird bei Einbringen des FM zwischen die *gleichnamigen*, sich abstoßenden
 PM-Pole, *vergrößert*, wobei die Feldstärke *sinkt*, bei Öffnen des FM ist die
 Wirkung umgekehrt.

Der Feldmodulator ist ein Dimagnetikum oder Dielektrikum für Felder und
 nicht für Elektronen, wobei ein Gleichgewichtszustand hergestellt wird.

Nachfolgend wird die Wirkung anhand von magnetischen Feldern erklärt.

Optimierung

Insbesondere ist daran zu denken, dass ferrimagnetische Stoffe kaum Elektronen enthalten und deshalb so gut wie nichtleitend sind. In diesem Fall kann das Kernprinzip des FKG

- ohne Wirbelstromeinflüsse - besser verstanden werden.

Bei Verwendung metallisch magnetischer Feld-Leiter sind Elektronen im FM vorhanden (die freien Leitungselektronen sind die Ursache für die Wirbelströme), die erfindungsgemäß durch geeignete technische Lösungen, als Optimierung des Kernprinzips ohne Elektronen im FM in ihrer Wirkung kompensiert, reduziert oder beseitigt werden.

Es muss auch noch die magnetisch-transversale Kraftwirkung (Anziehung des FM) bei transversaler Bewegung *parallel* zur magnetischen Vorzugsrichtung des PM-Feldes kompensiert werden; bei senkrechter Bewegung (auf der Äquipotentialfläche) ist das kaum notwendig.

Dynamisches vs. statisches *longitudinales* Gleichgewicht eines metallischen FM

All diese Feldmodulator-Typen folgen einem dynamischen Prinzip:

Im *statischen* Gleichgewichts-Zustand im Gleichfeld der Magnete erfolgt *keine* dynamische Gegenkraft (Lorentz-Kraft). In der Grundversion des FM kann ein Ferrimagnetischer Stoff mit sehr hohem spez. el. Widerstand benutzt werden, der auch bei hohen Frequenzen so gut wie keine induzierten Wirbelströme und deshalb praktisch keine Lorentz-Kräfte zuläßt.

Erst bei Verwendung *metallisch* magnetischer Feld-Leiter im Betrieb mit Frequenz f erfolgt eine Gegenkraft aus Wirbelströmen und Spinrelaxation: Verzögerungseffekt durch Felddiffusion: Bei hoher Feldänderungsgeschwindigkeit werden im weichmagnetischen FM-Material des magnetischen Kreises, aufgrund der anwesenden Leitungselektronen im FM, Induktionsströme verursacht, die ihrer Ursache (Feldaufbau und -abbau) entgegenwirken (Lenzsche Regel)). Diese Gegenkraft vermindert das zuvor *statische* Gleichgewicht mit steigender Frequenz (und schnellen Schaltvorgängen des FM), deshalb muss ein *dynamischer* FM diese frequenzabhängige Gegenkraft *frequenzabhängig kompensieren*, oder die Leitungselektronen durch Influenz aus dem Wirkungsbereich des Magnetfeldes verschieben, so dass ein *dynamische Gleichgewicht* entsteht.

Bem.: Wechselfelder:

Der Schirmfaktor des Gehäuses *fällt* bei Schirmen mit Öffnungen (offene Geometrie) mit steigender Frequenz ab. Im Gegensatz zu vollständig geschlossenen Schirmen (geschlossene Geometrie) bei denen er exponentiell *anstiegt*. Der Schirmfaktor bedeutet *Abstoßungsfeld* des Gehäuses wegen induzierter Wirbelströme in der Abschirmungsschicht.

→ Geschlossene Geometrie des Gehäuses verwenden.

Variable FM-Dicke (Fig. 23)

Bei der Anpassung der FM-Dicke s zur Steigerung der Anziehung des FM als Kompensation gegen Wirbelstrom-Abstoßung ist darauf zu achten, daß sich der OT-Punkt verschiebt. Deshalb muß der PM-Kolben durch ein

a) Knick-Pleuel oder b) integrierte Steuerung beim Pleuellängen-Variator nachgeregelt werden mit $-\Delta H$.

Alternative: Negative magn. Vorspannung (für $f = 100 - 300 \text{ Hz}$) mit $-\Delta H$.
Dynamische Nachführung der anziehenden Kraft bei Hub $h_{\min} \rightarrow h_{\max}$ (Fig. 24).

Die Lorenz-Kraftwirkungen entstehen bei:

- a) im geschlossenen Zustand des FM wegen der PM-Bewegung $UT \rightarrow OT$,
- b) bei Bewegung des FM mit transversalem Schneiden der longitudinalen Feldlinien zwischen den PM's.

Dynamisches vs. statisches *transversales* Gleichgewicht des FM (Fig. 25 a,b)

Die Kompensation der auftretenden transversal-statisch magnetischen Anziehung der PM's auch bei sehr langsamer FM-Bewegung in parallelem PM-Feld, wie auch die dynamischen Lorentz-Kräfte - bedingt durch Wirbelströme - bei transversal höherer Bewegungsgeschwindigkeit des kinematischen FM, wird erfindungsgemäß ebenso gelöst.
Kompensation transversaler dynamischer Kräfte:

a) Anziehung durch PM: $F_1 = \text{konst.}$, $F = f(r)$ $F_1 =$ Anziehung durch PM

b) Bremseffekt durch Wirbelströme sowohl $-F_2$ als auch $+F_2$.
 $F_1 =$ Anziehung durch PM
 F_2

Beachte abstoßende + anziehende Kräfte neutralisieren auch Anziehung + Wirbelströme in der geometrischen Mitte des FM.

2. Kinematischer Feldmodulator (mit / ohne Lamellierung) Kinematischer Verschluß (FM-Platte bewegt sich in verschiedene Stellungen) (Fig. 26):

- FM "AUF" = magnetischer Fluß in z.B. Luft (magn. Isolator)
→ hohe Feldstärke zwischen den PM's, kleine Kapazität
FM "ZU" = magnetischer Fluß im FM (magn. Leiter).
→ kleine Feldstärke zwischen den PM's, hohe Kapazität

2.1 Geometrie des Abschirmgehäuses

Bem.: Wechselfelder:

Der Schirmfaktor des Gehäuses fällt bei Schirmen mit Öffnungen (offene Geometrie) mit steigender Frequenz ab. Im Gegensatz zu vollständig geschlossenen Schirmen (geschlossene Geometrie) bei denen er exponentiell ansteigt. Der Schirmfaktor bedeutet *Abstoßungsfeld* des Gehäuses wegen induzierter Wirbelströme in der Abschirmungsschicht.
→ Geschlossene Geometrie des Gehäuses verwenden, d.h. der Geometrieeffekt ist ggf. größer als der Werkstoffeffekt.

Offene Geometrie :

1. FM als Platte mit Dicke s .

Geschlossene Geometrie:

2. FM als Deckel (Platte mit Dicke s) eines *doppelräumigen* Abschirmgehäuses (in jedem Raum ein PM) (= im Takt geschlossene / offene Geometrie) (Fig. 27), Varianten wie zuvor genannt.

2.2 Passive und aktive Inline- und Outline-FM's

Der passive FM hat keine aktiven longitudinal anziehenden Hilfsfelder/Anziehungskräfte, außer sich selbst; vorzugsweise bei Ferriten (Fig. 28).

Der passive FM kann mit einem aktiven FM ergänzt werden, um abstoßende Wirbelstrom-Kräfte etc. zu kompensieren bzw. um den FM in der Dicke dünner gestalten zu können, so daß die PM's dichter zusammenkommen können.

Die aktiven Hilfsfelder müssen auch im Zusammenhang mit dem Energieverbrauch des aktiven FM betrachtet werden, womit der Wirkungsgrad beeinflußt wird.

Feldmodulator-Arten (Fig. 29):

Inline-FM (Fig. 29.1):

Optimierung s durch Verstärkung der Anziehung $\rightarrow \propto s$

Fig. 29.1 d): Varianten

a) Weichmagnetischer Kern, Verstärkungswirkung mit geringem Spulenstrom am Arbeitspunkt A_3 der B-H-Kennlinie, oder Spule kann flache Spirale sein, um sie sehr klein zu machen (Spule geätzt auf Ferro-Substrat).

b) Hartmagnetischer Kern: Magnetisierung / Entmagnetisierung

c) Halbharter magn. Kern bistabil schaltbar = binär schaltbarer Dauermagnet durch Magnetisierungs-/Demagnetisierungs-Impuls.

Fig. 29.1 e): Varianten

a) Äußerer Permanent-Magnet mit Flußleitstücken

b) Äußere Spule (Energie darf Gesamtbilanz nicht aufzehren). Verstärkung durch Kern am Arbeitspunkt A_3 .

c) Hartmagnetischer Kern: Magnetisierung / Entmagnetisierung

d) Halbhart magn. Kern bistabil schaltbar = binär schaltbarer Dauermagnet durch Magnetisierungs-/Demagnetisierungs-Impuls.

Beachte Masse des FM mit Spule etc. \rightarrow höhere kinetische Energie.

Fig. 29.1 f): \rightarrow geringe kinetische Energie, da die Spulen/Permanentmagnete nicht mitbewegt werden müssen. Felderzeugungs-Varianten wie zuvor beschrieben.

Outline-FM (Fig. 29.2)

Passive Permanent-Magnete-FM oder aktive E-Magnete-FM.

Gleichgewicht nicht durch Ferro-Anziehung, sondern passive/aktive Felder. Wegen der 45° -Stellung der Flächen besteht Longitudinalfeld- und Transversalfeld-Modulation.

Fig. 29.2 e): Kamm-FM

Kamm-FM hat ggf. mehr Anziehung, weil mehr weichmagnetisches Material zur Wirkung kommt und dabei die PM's trotzdem sich ganz nahe kommen können (Kontakt \rightarrow 100% Kraftausbeute).

FM-Bewegung Richtung x- bzw. z-Richtung, je nach Feldlinienrichtung (parallel o. senkrecht).

2.2.1 Weichmagnetischer Stoff

Neu: FM mit negativer magnetischer Energie $-(BH)_{\max}$ = Anziehung

Magnetisierungskennlinie von weichmagnetischen Stoffen

→ negatives Energieprodukt: $-(B(+H))_{\max}$ als *negative* magnetische Feld-Energie (-W), da weichmagnetischer Stoff *anziehend* im Gleichgewicht gegen die sich *abstoßenden* Magnete mit *positiver* magnetischer Feld-Energie (+W) und *positivem* Energieprodukt $(B(-H))_{\max}$.

Magnetische Formanisotropie

Entscheidend ist der Arbeitspunkt A_3 der Magnetisierungskennlinie bei weichmagnetischem Stoff mit geometrieabhängigem Magnetisierungsfaktor N bei $-(BH)_{\max}$, analog Entmagnetisierungsfaktor bei Permanentmagneten.

Der Arbeitspunkt A_3 der weichmagnetischen FM-Platte ist bei $-(BH)_{\max}$.

2.3 Aktiver FM

Erfindungsgemäß gibt es mehrere Arten von aktiven FM's mit folgenden Fallunterscheidungen:

I. Aktive FM's, um den FM in seiner grundsätzlichen FM-Primäwirkung zu schalten/verstärken.

II. Aktive FM's, um den FM mit anziehenden Ko-Feldern, zur Unterstützung von anziehenden FM-Kräften, zu verstärken.

A. → **magnetische Hilfsfelder**

Aktive FM's, um mit einem *magnetisch* Hilfsfeld die Wirkung aktiv zu verstärken.

1. Longitudinale Richtung

Dünnere FM-Schicht mit der Folge einer höheren Abstoßungswirkung bei PM-Position im normalen Gleichgewichtsabstand

→ Verstärkung der Anziehung durch anziehendes Hilfsfeld.

2. Transversale Richtung

Anziehung durch die PM's auf ferro-/ferrimagnetisches Material bei Magnetfeld parallel zur FM-Bewegung

→ Verstärkung der Abstoßung als Kompensation der transversalen Anziehung durch abstoßendes Hilfsfeld.

III. Aktive FM's, um den FM mit Anti-Feldern zur Kompensation von induzierten Kräften zu unterstützen.

A. → **Leitungselektronen** im FM *nicht vorhanden* (ferrimagnetische Stoffe): keine Kompensation, da spez. elektr. Widerstand sehr hoch.

= FM-Grundprinzip.

B. → **mechanische** Anti-Wirbelstrom-Prinzipien

Leitungselektronen *vorhanden*, aber mit *mechanischen* Anti-Wirbelstrom-Prinzipien induzierte Ströme und Kräfte minimieren.

= Optimierung 1. Art.

C. → **elektrische** Anti-Wirbelstrom-Prinzipien
 Leitungselektronen *vorhanden*, aber mit *elektrischen*
 Influenz-Prinzipien Leitungselektronen außerhalb des magnetischen
 Feldwirkungsbereiches bringen.
 = Optimierung 2. Art.

D. → **magnetische** Anti-Wirbelstrom-Prinzipien
 Leitungselektronen vorhanden im magnetischen Feldwirkungsbereich
 → aktiver Feldmodulator mit aktiven *magnetischen* Anti-Feldern.
 = Optimierung 3. Art.

1. Longitudinal-Kraft-Kompensation
 Abstoßenden Wirbelstrom-Kräfte (Lenz-Regel), wenn FM geschlossen
 und Bewegung PM UT → OT.
 Der aktive FM besteht darin, daß er seine longitudinal anziehende
 Wirkung in der Stärke steuern/regeln kann, um so das Gleichgewicht
 (trotz Wirbelstrom-Abstoßung aufgrund der Leitungselektronen im FM)
 dynamisch erhalten zu können.

2. Transversal-Kraft-Kompensation
 Auch die transversale Wirkung der Abstoßung durch Wirbelströme
 (Bremsseffekt); kann dynamisch gesteuert werden.

**Die Kompensation kann realisiert werden z. B. durch aktive magnetische
 Hilfsfelder (Fig. 30)**

Magnetisiert erzeugen 2 in der Symmetrieebene des FKG aneinanderliegende
 FM je ein anziehendes Gegenfeld (antiparallel anziehend) zur Erzeugung des
 Gleichgewichtes oder zur Kompensation von statischen/dynamischen
 Gegenkräften gegenüber dem jeweils abstoßenden Magneten = "ZU".
 "AUF" = ohne Magnetisierung.

Die Magnetisierung kann bistabil sein, weil dann die Feldkraft *ohne* dauernde
 äußere Energiezufuhr bei der Bewegung der PM's von UT bis OT erhalten bleibt.

Varianten zur aktiven Feld-Erzeugung / Gegenfeld-Kompensation

a) Struktur (z.B. Spule) mit Impulsmagnetisierung
 Unipolare (einseitige) Impulsmagnetisierung mit Feldstärkehub ΔH
 und Induktionshub ΔB (Magnetisierungsstrom fließt nur in eine
 Richtung in einer gegenüber der Periodendauer sehr kurzen Zeitspanne =
 Impulsdauer).

b) Struktur (z.B. Spule) mit Impulsdraht
 Die Ummagnetisierung erfolgt durch einen einzigen Sprung
 (Z-Schleife), der einen hohen Spannungsimpuls zur Folge hat.

c) Erzeugung energiereicher Stromimpulse
 - Pulskompressionstechnik unter Verwendung magnetischer Schalter
 - Stoff mit Rechteckschleife, vorzugsweise amorphe Metalle, wegen geringer
 dynamischer Ummagnetisierungsverluste

d) Beachte bei hoher Aussteuerung: Absinken des Schirmfaktors im passiven FM mit *steilem Abfall* in Permeabilität-Induktion-Kurve, wenn das Material in die Sättigung gerät.

5

e) Eine Hochfeldspule wirkt wie eine Luftspule ohne Verstärkung durch den weichmagnetischen Kern.

Kopplung aktiver FM mit kinematischem FM

Der aktive FM kann gekoppelt werden (und/oder) mit:

10

a) dem kinematisch-passiven FM, um Wirkungen / Kompensationen dynamisch verändern zu können.

15

b) weichmagnetischem doppelräumigem Abschirmgehäuse (magnetischer Nebenschluß, im Takt offene/geschlossene Geometrie) ohne kinematische Bewegung.

20

25

30

35

40

3. Stationärer Feldmodulator (mit/ohne Lamellierung) Feldmodulator-Systematik Übersicht aktive FM-Varianten

- 5 **1. Permeabilität-Flußdichte-FM** = $\mu_{\max}/B_{\text{opt}}$ = max. Leitfähigkeit \rightarrow
 μ_{\min}/B_{\max} = min. Leitfähigkeit, oder
 μ_i/B_{\min} = min. Leitfähigkeit, oder
Flußdichteänderung:
- Abstand FM in Normalrichtung zur
Magnetfläche ändern PM $\rightarrow \Delta s \rightarrow \pm \Delta B$
- etc.
- 10
- 15 **2. ThermoMag-FM** = Schalten der Curie-/Néel-Temperatur
Ferro-/Ferri-magnetisch
Ferro-/Ferri-elektrisch
 \rightarrow Magnetisierung "einfrieren"
- 20 **3. Anisotropie-FM** = Magnetische Vorzugsrichtung ändern
a) Kristallanisotropie ändern /
Kornorientierung ändern
b) Spannungsinduzierte Anisotropie
- umgekehrte Magnetostraktion
mech. Spannung ändert Permea-
bilität (Villareffekt)
- 25 **4. Weichmagn. Induktions-FM** = $\rightarrow \pm \Delta B \rightarrow B_{\text{opt}} - B_{\max} / B_{\min}$
Impulsmagnetisierung mit
Pulskompression (UT \rightarrow OT)
Verstärkung durch den Kern
- 30 **5. Hartmagn. Induktions-FM** = Magnetische Kippschalter, oder instationäre
magn. Spannung \rightarrow variable Remanenz B_r
- 35 **6. Induktionsstrom-FM** = Induzierter Wirbelstrom "An"/"Aus"
erzeugt in z.B. AL-/Cu-Schicht
- 40 **7. Grenzfrequenz-FM** = Schaltung durch Betrieb unter/über der
Grenzfrequenz
- 45 **8. Spinresonanz-FM** = Klappen der Spinrichtung
(Ferro-/Ferrimagnetische Resonanz)
- 50 **9. ParaFerro-/Ferri-FM** = Ferro-/Ferri-Front-Wanderung
Kopplungsschicht bzw. Sperrschicht
wandert durch den FM, jedoch ohne
Temperaturänderung \rightarrow Atomabstand
aktiv ändern
- 50 **10. M-Halbleiter-FM** = Magnetronen- / Magnetronen-Löcher-
Wanderung (\rightarrow Magnetronik)

→ Schaltung / Verstärkung / Triggerung
M-Bipolar-Transistor, oder
M-Feldeffekt-Transistor

5 **11. M-Tunnel-FM**

= Schaltung magnetischer Tunnelstrom
Magnetische Spannung

→ tunneln / tunneln nicht möglich

= $S_m I_m S_m$ -Kondensator

magn. Tunnelstrom mit *dünnere*
I-Schicht

10

= Dimagnetikum = FM,

magnetische Spannung

→ durchleitend / gesperrt

15

12. Supraleiter HTSL (Typ 3)-FM = Schaltung normalleitend/supraleitend

→ Temperaturänderung

= $S_m I_m S_m$ -Kondensator

magn. Strom mit *dicker* I-Schicht

= Dimagnetikum = FM, magnetische

20

Spannung → durchleitend / gesperrt
HTSL Typ 3 hat Hysterese.

25

30

35

40

45

Generelles Wirkprinzip des stationären FM

Die magnetische Leitfähigkeit $\mu = \mu_0 \mu_r$ bzw. elektrische Leitfähigkeit $\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r$ wirkt wegen der negativen Feldenergie immer anziehend vermittelnd auf die Magnete bzw. Elektrode, so dass mit einem Feldmodulator - bei gegebener Permeabilität bzw. Permittivität - der Spalt/Kanal zwischen den PM's/PE's von μ bzw. $\varepsilon_r = 1 \rightarrow$ max. und umgekehrt geschaltet und/oder verstärkt/abgeschwächt werden kann (Fig. 31).

Ab-/Anschalten des Ferro-/Ferrimagnetismus

Im magnetischen Fall laufen alle Stoff-Wirkprinzipien darauf hinaus, dass die Spinkopplung bzw. die Austauschwechselwirkung der unkompensierten inneren Elektronenschalen im Falle der Transparenz aufgehoben wird (= Abschalten des Ferro-/Ferrimagnetismus), und umgekehrt: Bei eingeschaltetem Ferro-/Ferrimagnetismus können die Flußquanten den FM nicht passieren:

Das Feld der antiparallelen PM's wird, wegen hoher Leitfähigkeit des Stoffs in Relation zur Flußdichte B, im FM stark deformiert (Fig. 32). Dies hat Auswirkungen auf die Spinnomente der Domänen (Weissche Bezirke) von statistisch verteilt / ungeordnet / paramagnetischer Wirkung in richtungsgeordnet bezüglich der antiparallelen PM-Feldlinien im FM (hohe Leitfähigkeit), so als hätte man die Curie- bzw. Néel-Temperatur unterschritten. Beachte: Es gibt bezüglich der Curie- bzw. Néel-Temperatur auch Stoffe mit umgekehrter Wirkung.

Beachte Impulspermeabilität

"Auf" wegen $\mu_r \approx 1$ (paramagnetisch)

"Zu" wegen

a) aktive Spule schaltet zwischen mit $\mu_{\max} - B_{\text{opt}} \rightarrow \mu_r \approx 1 - B_{\max}$, oder

b) zur anderen Seite der Kennlinie mit $\mu_i - B=0$, Gleichgewicht plus variable

Kompensation

c) Bistabil: Halbhart magnetischer Kern = Schaltung von konstanten Feldern

FM als Feld-Schalter (Fig. 33)

Stationär-aktive dünne Sperrschicht bei Normaltemperatur mit den FM-Typen:

1. Leitend-nicht leitend-FM, Schalten bezüglich B-H-Kennlinie
2. ThermoMag-FM: Schalten der Curie- bzw. Néel-Temperatur
3. Grenzfrequenz-Feld-Schalter
4. Magnetoelastischer Feld-Schalter
5. ParaFerro-/Ferri-FM
- Schalten der Austauschwechselwirkung mit einer atomaren Sperrschicht
- Bewegung der Spinkopplung durch den Kristall
6. M-Halbleiter-FM, Schalten mit M-Feld-Transistoreffekt
7. Tunneleffekt-FM, Flußquanten durchtunneln den FM

Fig. 33: Allgemeine Prinzipien des Feldmodulators

Modulation des ferro-/ferrimagnetisch statischen Feldes durch:

A) Kinematischer Schalter mit Passiv- und/oder Aktivelement;

passiv: sperrt das PM-Feld,

aktiv: Gegenkraft (Kompensation) durch anziehendes Magnetfeld.

B) Bistabiler T_C -Permeabilitäts-Schalter durch Temperaturdifferenz am Curiepunkt (T_C).

C) Grenzfrequenz-Schalter: Transparenz durch Überschreiten der Grenzfrequenz.

D) Magnetoelastischer Feld-Schalter

Fig. 33 b 1):

B-T-Kennlinie = Induktion-Temperatur-Kurve

Temperatur T_C hebt die Spinkopplung auf: FM schaltet von "ferromagnetische" in "paramagnetische" Wirkung um durch Temperaturänderung auf T_C .
Auch variable Einstellung möglich (Kompensatorfunktion).

Fig. 33 b 2):

Wenn die Curietemperatur schnell geschaltet werden soll, so geht das elektrisch Mit Peltierelementen, die sowohl Wärme wie Kälte liefern oder durch Laserstrahlen = Wärme mit anschließendem Abkühlen und "Einfrieren" eines anderen magnetischen Zustandes.

Der FM kann in Layertechnik mit integrierten Peltierelementen aufgebaut werden. Die Schichten sind sehr dünn, so daß schnell zwischen Ferro-Para-Ferro-Zustand umgeschaltet werden kann. Schalttemperatur $T_C \sim 30^\circ \text{C}$. Die Sättigungsinduktion bei diesen Werkstoffen ist nicht sehr hoch ($B_s < 0,5 \text{ T}$).

Fig. 33 b 3):

-F = Anziehung des ferromagnetischen Kolbens bei FM- T_C "Auf".

Es kann bei dieser Konstruktion auf einen abstoßenden antiparallelen Gegenmagneten verzichtet werden (Gewichtersparnis).

Fig. 33 c):

FM-Steuerung durch Frequenz größer als Grenzfrequenz des Stoffs \rightarrow Änderung der Permeabilität. Der FM wird entsprechend des Motortaktes geschaltet:

1. Bei OT = "An" \rightarrow FM paramagnetisch \rightarrow transparent für PM-Feld aufgrund höherer Frequenz als Grenzfrequenz des nun dynamisierten (instationären) PM-Gleichfeldes.

Die Permeabilität aller magnetischen Werkstoffe zeigt oberhalb einer bestimmten Frequenz einen deutlichen Abfall \rightarrow Grenzfrequenz. Ursache: Wirbelströme und Spinrelaxation.

2. Bei UT = "Aus" \rightarrow FM ferromagnetisch \rightarrow gesperrt. PM-Kolben kann sich im Gleichgewichtszustand in Richtung OT zurück bewegen

PM Permanent-Magnet

FM Feldmodulator

FM Frequenzmodulator

Bei diesen FM-Versionen kommt es besonders auf den Energieverbrauch an, da der FM permanent zwischen den antiparallelen PM's in seiner Wirkung an - und abgeschaltet wird.

Geometrie und Form des FM-Gehäuses

Die Prinzipien, wie schon beim kinematischen FM (offene/geschlossene Abschirm-Geometrie) beschrieben, werden hier ebenso anwendbar. Die Abschirmwirkung = Abstoßungswirkung bei Wechselfeldern (Erhöhung des Schirmfaktors infolge induzierter Wirbelströme) ist zu beachten.

Auch hier können Ferro-/ferrimagnetische Stoffe eingesetzt werden, je nach gewünschtem Effekt.

Die einzelnen Möglichkeiten zur Flußsteuerung in der FM-Schicht gemäß Systematik werden nun erfindungsgemäß erklärt:

1. Permeabilität-Flußdichte-FM

Die Schaltung erfolgt durch longitudinale Verschiebung der PM's um Δs zur Symmetrieebene des FM mit der Folge der Erniedrigung der örtlich wirksamen Flußdichte (starker Abfall in der Permeabilität-Induktion-Kurve mit zunehmendem Abstand Δs von der Magnetfläche).

Damit wird der Wirkungspunkt auf der Permeabilität-Induktions-Kennlinie verschoben und der stationäre FM schaltet zwischen "Zu" bei $\Delta s = 0$ und "Auf" bei $\Delta s = \Delta s$, womit sich die Permeabilität stark ändert (FM: Intransparent \rightarrow transparent) (Fig. 34).

$\Delta s \rightarrow -\Delta B$: $B_{\max} \rightarrow B_{\text{opt}} \rightarrow B_{\max}$, oder $B_{\text{opt}} \rightarrow B_{\min} \rightarrow B_{\text{opt}}$, je nach Richtung auf der Permeabilität-Flußdichte Kennlinie.

2. ThermoMag-FM

- Ausnutzung der stark nichtlinearen Induktion-Temperatur-Kurve
- FM Verschluß schalten. Prinzip Ferro-/Ferrimagnetisch/-elektrisch:

1. **AUF**: durch Erwärmung bis in die Nähe oder über die Curie- bzw. Néel-Temperatur (= paramagnetisch = transparent = AUF)

2. **Neutralisation** ($\mu_r \approx 1$) oder **Ummagnetisierung** unter Wirkung eines
- konstanten vormagnetisierenden Feldes oder
- durch Impulsmagnetisierung, beachte *Impulspermeabilität*

3. **ZU**: "Einfrieren" des ummagnetisierten Zustandes
 \rightarrow Magnetisierungsrichtung = anziehend gegenüber Magnet; durch Abkühlen unter T_c bzw. T_N = ferro-/ferrimagnetisch = "ZU"
 \rightarrow nichtlinearer FM-Schalter.

3. Anisotropie-FM

1. Kristallorientierung / Kornorientierungs-Umschalter:
transversale oder longitudinale Kristall- / Kornorientierung = Flußorientierung
= magnetische Vorzugsrichtung schaltbar

2. Villareffekt: Änderung der Permeabilität durch mechanische Beanspruchung (Umgekehrte Magnetostriktion) schalten.

3. Magnetische Vorspannung:

Spannungsanisotropie durch statische/dynamische Zugspannung einbringen
 → magnetische Vorzugsrichtung parallel zur Zugspannung im FM-Blech.
 Die Zugspannung kann im FM durch eine Vorspannung, z.B. durch
 Magnetfeldtemperung, erfolgen.

4. Weichmagnetischer Induktions-FM

Ausnutzung *hoher Aussteuerung*: Absinken des Leitfaktors (statt Schirmfaktors)
 im FM mit *steilem Abfall* in Permeabilität-Induktion-Kurve, wenn das Material in
 die Sättigung gerät, oder wenn $B-H \rightarrow 0$, d.h. $\mu_{\max} \rightarrow \mu_i$.

Es erfolgt keine mechanische Verschiebung der PM's um Δs , sondern eine
 Änderung der örtlich wirksamen Induktion um ΔB .

ZU: bei $\mu_{\max} / B_{\text{opt}}$

AUF: bei $> B_{\max}$, d.h. $\rightarrow \mu_r \approx 1 \rightarrow$ transparent; oder

ZU: bei $\mu_{\max} / B_{\text{opt}}$

AUF: $B-H = 0$, d.h. $\mu_{\max} \rightarrow \mu_i \rightarrow$ fast transparent.

- Impulsmagnetisierung für hohe Aussteuerung \hat{B}_{\max}
 (optimal: bistabiler Magnetfeldschalter), beachte Impulsspermeabilität

- a) Struktur (z.B. Spule) mit Impulsmagnetisierung:
 Unipolare (einseitige) Impulsmagnetisierung mit Feldstärkehub $\Delta \hat{H}$ und

Induktionshub $\Delta \hat{B}$ (Magnetisierungsstrom fließt nur in eine
 Richtung in einer gegenüber der Periodendauer sehr kurzen
 Zeitspanne = Impulsdauer).

- b) Impulsdraht:
 FM-Struktur (z.B. integrierte oder außenliegende Spule) mit
 Impulsdraht
 - Ummagnetisierung erfolgt durch *einen einzigen Sprung* (Z-Schleife),
 der *einen hohen Spannungsimpuls zur Folge* hat.

- c) Erzeugung energiereicher Stromimpulse:
 - Pulskompressionstechnik unter Verwendung *magnetischer Schalter*
 - Stoff mit Rechteckschleife, vorzugsweise amorphe Metalle wegen
 geringer dynamischer Ummagnetisierungsverlusten

- d) Konventionelle Hochfeldspule

5. Hardmagnetischer Induktions-FM

- Hartmagnetischer Stoff hat unmagnetisiert Permeabilität $\mu_r \approx 1$ (!)
 = transparent = FM "AUF".

Magnetisiert erzeugen 2 in der Symmetrieebene des FKG aneinanderliegende
 antiparallel angeordnete magnetisierte FM-Platten je ein *anziehendes*
Gegenfeld zur Erzeugung des Gleichgewichtes gegenüber dem jeweilig
 Abstoßenden Magneten \rightarrow FM = ZU.

- Impulsmagnetisierung

- 5 a) Struktur (z.B. Spule) mit Impulsmagnetisierung
Unipolare (einseitige) Impulsmagnetisierung mit Feldstärkehub ΔH und Induktionshub ΔB (Magnetisierungsstrom fließt nur in eine Richtung in einer gegenüber der Periodendauer sehr kurzen Zeitspanne = Impulsdauer).
- 10 b) Impulsdraht
FM-Struktur (z.B. integrierte oder außenliegende Spule) mit Impulsdraht
- Ummagnetisierung erfolgt durch einen einzigen Sprung (Z-Schleife), der einen hohen Spannungsimpuls zur Folge hat.
- 15 c) Erzeugung energiereicher Stromimpulse
- Pulskompressionstechnik unter Verwendung magnetischer Schalter
- Stoff mit Rechteckschleife, vorzugsweise amorphe Metalle wegen geringer dynamischer Ummagnetisierungsverlusten

6. Induktionsstrom-FM

Induzierung eines Stromes / Stromimpulses in einem *leitenden* Teil
→ Wirbelstrom →

- 20 1. Abstoßung beim Einschalten
2. Anziehung beim Ausschalten
Der Stromfluß in den Ringen muß so orientiert sein, daß die Feldwirkung auf die PM's im geschlossenen Zustand *anziehend* wirkt.

7. Grenzfrequenz-FM

25 Bei Überschreiten der Grenzfrequenz fällt die Permeabilität sprunghaft.
Beachte die Konstruktionsangaben zu Grenzfrequenz bei "Wechselfelder".

Periodische Vorgänge

- 30 - Wirbelströme (Wirbelstrom-Grenzfrequenz)
- Spinrelaxation (gyromagnetische Grenzfrequenz, Ursache: Dämpfung des Elektronenspins, beachte asymmetrische Dämpfung)

Ein-Ausschalt-Vorgänge

- 35 - Wirbelstrom-Zeitkonstante (wie schnell dringt nach Anlegen des Feldes (des Stromimpulses) die Induktion bzw. der Fluß (konstante Permeabilität vorausgesetzt) in das Blech ein?)

8. Spinresonanz-FM

40 FM-Schaltvorgang: Spinnomente in der Richtung des Feldes / der Feldlinien (AUF) oder senkrecht zum Fluß (ZU) ändern / umklappen.

- Überlagerung durch starkes äußeres Gleichfeld:
→ ferro-/ferrimagnetische Resonanz
- Spinresonanz-FM = Spin-Richtungs-Schalter: Spins klappen um
45 (→ Spinwellen)
Spinresonanz (Präzessionsfrequenz der Spins stimmt mit äußerem Wechselfeld überein) → Verluste steigen durch Energieabsorption stark an.

9. ParaFerro-/Ferri-FM

Die ferro-/ferrimagnetischen Atome sind *alleine* paramagnetisch.
 Erst ab einer Schicht von ca. 6 Atomlagen bildet sich durch die
 Austauschwechselwirkung = Überlagerung der unkompensierten *inneren*
 Elektronenschalen Ferro-/ferrimagnetismus wie im Festkörper aus.
 → Bindung = Kopplung.

Eine schaltbare Leit-/Sperrschicht sorgt dafür, dass sich Ferro-/ferromagnetismus
 = Kopplung (innere Elektronenschalen-Austauschwechselwirkung) von *außen*
 gesteuert ausbildet oder gesperrt wird, bzw. die Leit-/Sperrschicht in ihrer Lage
 durch den Kristall weiterbewegt wird oder die Kristallstruktur paramagnetisch
 bleibt.

FM transparent = paramagnetisch = keine Leitfähigkeit = keine Kopplung
 = "AUF":
 → Flußquanten durchqueren die Sperrschicht.

FM intransparent = ferro-/ferrimagnetisch = hohe Leitfähigkeit = Kopplung
 vorhanden = "ZU":
 → Flußquanten können die Sperrschicht nicht durchqueren, sie werden
 umgeleitet.

Bei kristallinen Stoffen müssen die spontan magnetisierten Domänen durch
 aktive Sperrschichten mitgeschaltet werden - amorphe Stoffe haben keine
 Kristallkörner aber Domänen, da wirkt die Sperrschicht ohne Korngrenzen
 direkt bei den Atomlagen.

Die FM-Schaltvorgänge sollten bistabil sein, da dann äußere Energiezufuhr
 während der PM-Bewegung gespart werden kann.

10. M-Feld-Halbleitermodulatoren (→ Magnetronik)**11. Tunnel-FM**

Magnetische / elektrische Tunneleffekt-Feldmodulatoren (B- / D-Feld)
 Das Tunneln von magnetischen Flußquanten (statt beschleunigte Elektronen)
 durch eine sehr dünne magnetische FM-Sperr-/Isolierschicht " I_m " erfolgt
 erfindungsgemäß aufgrund einer magnetischen Spannung Θ und Energielücke
 $E=0$.

Die elektrische Elementarladung des Elektrons e (Tunnelstrom) entspricht im
 Falle des magnetischen Tunnel-FM dem magnetischem Fluß bzw. Strom Φ .

Supraleiter-Isolator-Supraleiter-Kontakt (SIS)

SIS-Kontakt mit Magnetfeldquanten oder Elektretfeldquanten und sehr
 dünner Isolierschicht " I_m " bzw. " I_e ":

→ magnetischer $S_M I_S M$ -Kontakt für magnetische Flußquanten Φ_M .

→ elektrischer $S_E I_S E$ -Kontakt elektrische Flußquanten Φ_E

FM-Schalfunktion analog:

a) μ -B Funktion oder ε -D Funktion bei Sprungtemperatur T_C

b) μ -B Funktion oder ε -D Funktion zwischen Normaltemperatur T und T_C

Steuerung des Tunneleffektes

In dieser aktiven Version des FM werden magnetische Felder bzw. elektrische benutzt, aber nicht als Hilfsfelder zur Verstärkung der anziehenden Wirkung oder zur Kompensation von negativen Kräften etc., sondern als generelles Grundprinzip zur Schaltung des FM: Das Magnetfeld bzw. die angelegte magnetische Spannung steuert die Transparenz der FM-Schicht für die magnetischen Flußquanten, analog zum elektrischen Feld mit elektrischer Spannung und elektrischen Flußquanten.

Zur Herstellung des schaltbaren Tunneleffektes gibt es verschieden Varianten.

Stoff-Struktur:

- a) Supraleitender Stoff der FM-Struktur (mit offener Geometrie) *ohne kinematische* Bewegung.
- b) Dünne FM-Isolatorschicht

Magnetische Energielücke und M-Supraleiter-Tunnelstrom (Flußquanten)

Zwei magnetisch leitende Metalle sind voneinander getrennt durch eine so dünne *magnetische* Isolierschicht " I_m " (FM-Dimagnetikum), daß die durch Anlegen einer magnetischen Spannung beschleunigten Flußquanten durch diese magnetische Isolierschicht hindurchtunneln können. Für normalleitende magnetische leitende Metalle findet man den erwarteten steilen Anstieg des magnetischen Tunnelstroms = Flußquanten mit angelegter magnetischer Spannung. Ist eines der magnetisch leitenden Metalle magnetisch supraleitend, so beobachtet man unterhalb einer Spannung Θ_0 einen deutlich geringeren magnetischen Tunnelstrom = Flußquantenstrom, weil nur der normalleitende Anteil der Magnetronen (M) für den magnetischen Tunnelstrom zur Verfügung steht. Der Wert $M\Theta_0$ ist die auf ein Magnetron entfallende Energie, die bei der Bildung des Magnetronen-Paares = Spinmoment - Kopplung) frei wird. Die Paar-Bildungsenergie für das doppelt magnetisierte (geladene) Magnetronen-Paar, die "Energielücke", ist $\Delta E = 2M\Theta_0$. (Das Elektron e wurde durch das Magnetron M ersetzt)

Die Energielücke ist temperaturabhängig.

Magnetischer SIS-Kontakt

Wenn die beiden durch eine *magnetische* Isolierschicht " I_m " (FM-Dimagnetikum) getrennten magnetisch leitenden Metalle aus demselben magnetisch leitenden Supraleiter bestehen, die Temperatur T unterhalb T_c liegt und die magnetische Isolierschicht dünn genug ist (< 1 nm), dann ist das ein magnetischer $S_m I_m S_m$ -Kontakt (SupraleiterMagnet-Isolator-SupraleiterMagnet), durch den auch magnetische Flußquanten-Paare hindurchtunneln können = Spinmoment-Kopplungen (\rightarrow vgl. magn. Oberflächenpolarisation durch Transfer).

Magnetischer Gleichstrom-Effekt (MGE)

MGE entsteht, wenn dem magnetischen Element ($S_m I_m S_m$ -Kontakt) ein schwacher magnetischer Gleichstrom aufgeprägt wird. Unterhalb einer kritischen magnetischen "Stromstärke" (= induzierte Spannung) Φ_c erzeugt der magnetische "Supraleiterstrom" Φ_s im M-Element keine magnetische Potentialdifferenz, d.h. es tunneln magnetische Fluß-Paare = Spinmoment-Kopplungen ohne die Hilfe eines magnetischen Feldes durch die magnetische Isolierschicht = Dimagnetikum. Erst oberhalb Φ_c brechen die

Fluß-Paar in der magnetischen Isolierschicht zu Einzel-Flußquanten auf = Entkopplung der Bindung, und es entsteht ein magnetischer Spannungsabfall.

Der magnetische Tunnelstrom von Flußquanten-Paaren durch den $S_m I_m S_m$ -Kontakt ist stark magnetfeldabhängig: Weil das Feld nicht durch die S_m -Schicht hindurchgeht, kann angenommen werden, daß das B in der

I_m -Isolierschicht liegt. Immer wenn der magnetische Fluß Φ_m durch die magnetische Isolierschicht ein ganzzahliges Vielfaches des magnetischen Flußquantums beträgt, geht der magnetische Tunnelstrom der Flußquanten durch null.

Magnetischer Wechselstrom Effekt (MWE)

MWE als Ergebnis einer quantenmechanischen Interferenz ergibt, daß das Anlegen einer magnetischen Gleichspannung Θ_s an den $S_m I_m S_m$ -Kontakt zu einem dieser magnetischen Spannung proportionalen hochfrequenten magnetischen Wechselstrom (von Flußquanten)

$$\Phi_s = \Phi_{s,max} \sin(2\pi f t) \text{ mit } f = (2M/h) \Theta_s$$

führt. Der Effekt funktioniert auch umgekehrt: Wird ein hochfrequenter magnetischer Wechselstrom Φ der Frequenz f dem $S_m I_m S_m$ -Kontakt aufgeprägt, dann treten in der Θ (Φ_m)-Kennlinie Stufen konstanter magnetischer Spannung der Größe $n\Theta_s$ (n = ganze Zahl) auf.

12. Supraleiter-FM

Magnetische / elektrische Supra-Feldmodulatoren (B- / D-Feld)

$S_m I_m S_m$ -Kontakt mit Magneten oder Elektreten und *dicker* I-Schicht:

→ magnetischer $S_m I_m S_m$ -Kontakt für magnetische Flußquanten Φ_m .

→ elektrischer $S_e I_e S_e$ -Kontakt für elektrische Flußquanten Φ_e .

- Supra-Leiter (S-Leiter)

- Supra-Nichtleiter (S-Isolator)

- Supra-Halbleiter (S-Halbleiter)

(mit "gebundenen" Elektronen-Paare, Elektronen-Loch-Paare)

FM-Schaltfunktion analog:

a) μ -B Funktion oder ε -D Funktion bei Sprungtemperatur T_c

b) μ -B Funktion oder ε -D Funktion bei zwischen Normaltemperatur T und T_c

13. Temperaturkompensation / Gleichgewichtssteuerung

Der weichmagnetische Stoff und seine Magnetisierungskurve mit dem Arbeitspunkt A_3 des FM mit Magnetisierungsfaktor $N=1$ bei $-(BH)_{max}$, wie auch der hartmagnetische Stoff mit seiner Entmagnetisierungskurve mit dem Arbeitspunkt des PM mit Entmagnetisierungsfaktor $N=1$ bei $+(BH)_{max}$, unterliegen der Induktion-Temperatur-Funktion, siehe B-T-Kurve:

Die Kurve (Magnetisierung / Entmagnetisierung) und die damit zusammenhängende erzeugte Feldkraft ändert sich mit der Temperatur, so daß:

a) eine Temperaturkompensation / -regelung der Maschine, und/oder

b) Temperaturkompensation von Dauermagneten

c) eine Hubvariation mit Δh

zur Steuerung des Gleichgewichts-Zustandes bei Temperaturänderung (Feldkraftänderung = Gleichgewichtszustands-Änderung) notwendig ist, um

die Betriebswerte und Funktion konstant zu halten zu können.
 Desweiteren kann diese Variation Δh benutzt werden, um Δs zur Steuerung der
 Flußdichte B im Permeabilität-Flußdichte-FM nutzen zu können:
 "AUF" = B_{\max} mit $\mu_r \approx 1 \rightarrow B_{\text{opt}}$ bei μ_{\max} = "ZU", oder
 "ZU" = B_{opt} mit $\mu_{\max} \rightarrow B-H = 0$ mit μ_i = "AUF"

4. Anti-Wirbelstrom-Prinzipien

4.1 Wirbelströme im FM und Abschirmgehäuse

Wirbelströme treten nur auf, wenn Leitungselektronen im Stoff vorhanden sind,
 d.h., wenn der spez. el. Widerstand klein ist; z.B. bei Ferriten ist er hoch,
 deshalb sind in Ferriten praktisch keine Wirbelströme erzeugbar.

Wirbelströme entstehen besonders in el. leitenden massiven Metallen durch ein
 magnetisches Wechselfeld

a) die PM's nähern sich von UT \rightarrow OT dem geschlossenem FM \rightarrow
 Lenzsche Regel), oder

b) durch Bewegung eines Metalls in einem Magnetfeld: der FM
 bewegt sich transversal im Gleichgewichtszustand der PM's
 - bei insgesamt sich gegenseitig in der Symmetrieebene
 der PM's neutralisierenden Feldwirkungen PM-FM-PM
 - der FM bewegt sich transversal entweder parallel oder senkrecht zu
 den Feldlinien.

Das Bewegen der FM-Scheibe *transversal im Feld* der PM's, oder bei
 stationärem FM die Bewegung der PM's relativ zum ortsfesten FM, induziert im
 FM eine Spannung, die einen großen Strom (Kurzschlußstrom) im FM
 verursacht, weil bei einer FM-Scheibe in einem Stück (solid) wie eine in sich
 geschlossene Leiterschleife wirkt.

4.2 Mechanische Anti-Wirbelstrom-Prinzipien

Um den Wirbelstrom wirksam im FM zu vermindern, werden Schlitze
 in der FM-Scheibe *senkrecht* zur FM-Bewegung angebracht, d.h. *senkrecht*
 zum Wirbelstrom. Damit das B-Feld nicht durchgreift, wird die FM-Scheibe
 aus weichmagnetischen Schichten (Lamelleblechen), die parallel zur
 FM-Bewegung angeordnet und versetzt geschlitzt sind, aufgebaut.
 Zur Herstellung des Gleichgewichtes zwischen den anziehenden FM-Schichten
 mit den abstoßenden PM's, können die weichmagnetischen Schichten mit
 verschiedener Permeabilität so optimiert werden, daß die FM-Dicke s
 minimiert wird (dünne FM-Schicht).

So entsteht eine räumliche Matrix aus in der FM-Ebene elektrisch isolierten
 Blechen (Schichten = Lamellen) aus *verschiedenen* weichmagnetisch
abgestuften Stoffen: longitudinal gegenseitig el. isolierte Schichten.
 Option: longitudinaler Luftspalt zwischen jeder Schicht wegen der
 Multiplikation der Abschirmwirkung der Einzelabschirmungen /Einzelschichten.

Die Schlitze bzw. Trennschichten in den Lamellierungen unterbrechen
 den Weg der Wirbelströme, die sich daher kaum ausbilden können.

Ein *großer* Querschnitt in der FM-Scheibe setzt den Wirbelströmen nur einen *geringen* Widerstand entgegen. Bei senkrecht zur FM-Bewegung (in den lamellierten dünnen, gegeneinander isolierten Schichten) integrierten Trennfugen (= Schlitze), finden die Wirbelströme einen *hohen Widerstand* vor, weil ihr Stromweg *vielfach unterbrochen* wird.
Sehr viele Unterbrechnungen steigern den Effekt also erheblich, der Spalt muß in seiner Breite den zu erwartenden Wirbelströmen angepasst werden.

4.3 Mechanische Anti-Wirbelstrom FM-Struktur

Die Schlitze müssen *senkrecht* (= longitudinale Richtung) zur FM-Bewegung, innerhalb der FM-Schichten angebracht sein (Fig. 35).

Dynamische Orientierung der Trennfugen (Fig. 36)

Da die PM's nicht in der anziehenden Position (gegenpolig), sondern in der abstoßenden Position (gleichpolig = antiparallel) angeordnet sind, sind die Feldlinien, wenn sie nicht homogenisiert werden können, *stark inhomogen* gekrümmt. Aus diesem Grund kann zur optimalen FM-Wirkung die Richtung der Trennungen in der Lamellierung *dynamisch* den sich bei PM-Bewegung *dynamisch ändernden Feldlinienvektoren* angepaßt werden.

Orientierung in der magnetischen Vorzugsrichtung

Technisch einfacher ist eine Lösung, in der die longitudinalen Schlitze senkrecht in den Schichten der Lamellierungs-Bleche, unveränderbar angebracht sind und dabei die *Vorzugsrichtung der PM-Magnetisierung* beachtet wird (Fluß zwischen den Polen eines und desselben PM).

D.h., Richtung der Schlitze parallel oder senkrecht (Äquipotentialfläche) zu den Feldlinien, je nach relativer Bewegung der Schlitze zu den Feldlinien, bestimmt die erfindungsgemäße Wirkung.

Alternative Wirbelstrom-Trenn-Struktur

a) Dichte Kugelpackung aus weichmagnetischen Domänen, eingebettet in eine elektrische Isolationsschicht - wie ein pulvermetallurgischer Stoff.

b) Kubische Mikrostruktur, hergestellt durch Sputtern, Aufdampfen, galvanisch oder mechanisch durch Laserstrahl getrennt, etc.

Diese Strukturen können die Volumen-Wirbelströme in der dicken FM-Scheibe zu *Teilchen-Wirbelströmen* umformen und damit die Wirbelstrom-Abstoßung, -Erwärmung, und -Verluste stark vermindern.

4.4 Abschirmwirkung im doppelräumigen Abschirm-Gehäuse

Wird die FKM bei *Hochfrequenz* betrieben, so kann z.B. zusätzlich eine elektrisch hochleitende Schicht verwendet werden, insbesondere bei den doppelräumigen Abschirmgehäusen.

In dieser Abschirmung entstehen Wirbelströme, deren Magnetfeld dem abzuschirmenden Wechselfeld *immer entgegengesetzt* ist. Durch das Abschirmblech kann deshalb *kein* Störfeld (EMV) *nach außen* dringen, ebenso wenig kann ein magnetisches Wechselfeld *von außen* die Spule / das System im Inneren beeinflussen.

4.5 Elektrische Anti-Wirbelstrom-Prinzipien

4.5.1 Ziel

Das **elektrische** Anti-Wirbelstrom-Prinzip setzt bei der *Entstehung* der Wirbelströme an, d.h. an den freien negativen Ladungen im metallischen Leiter, also den Leitungselektronen. Diese Prinzipien können zusätzlich zu den mechanischen Prinzipien angewendet werden.

4.5.2 Elektrische Anti-Wirbelstrom-Konstruktion

4.5.2.1 Kinematischer FM

Beim kinematischen FM müssen zwei Kräfte eliminiert werden:

- a) Longitudinale Kräfte, die durch die Lenz-Regel entstehen,
- b) bremsende transversale Kräfte, die durch die transversale FM-Oszillation entstehen, vornehmlich bei OT-Stellung, wenn die PM's dicht beieinander sind und der FM geöffnet wird.

Beide Kräfte entstehen durch Kreis- bzw. Wirbelströme, deren Ursache die Bewegung der negativen Elektronen im positiven Ionengitter ist. Die **elektrische** Eliminierung der Ursache = "Anti-Wirbelstrom" basiert zunächst auf Entfernung der Elektronen aus dem Wirkungsraum der Permanentmagnet- Felder im FM.

4.5.2.1.2 Konstruktion des kinematischen FM mit elektrischem Anti-Wirbelstrom-Prinzip (Fig. 37)

1. Schritt: Elektrische Isolation des FM

Der FM wird, je nach Bauart (1 FM, oder wegen Impulserhaltung 2 FM) zur Übertragung der Oszillation, mit elektrisch isolierenden Stäben mechanisch befestigt. Dadurch können keine Leitungselektronen zum FM nachfließen.

2. Schritt: Influenz durch Ladungstrennung

→ **Reduktion der Lenz-Kraft (Ursache: Lorenz-Kraft)**

Der FM wird innerhalb eines elektrischen Feldes positioniert. Das elektrische Feld durch eine Hochspannungsquelle oder, wenn es von der Höhe der Spannung her ausreicht, durch ein permanentes Feld eines ferroelektrischen Stoffes (Elektret) zur Ladungstrennung erzeugt.

Durch Influenz entsteht im mittleren Bereich eine neutrale Zone, die frei von elektrischen Ladungen, den Leitungselektronen (Elektronen-Gas), ist. Dieses neutrale Gebiet wird von den Magnetfeldern der antiparallel orientierten PM's durchsetzt. Da dieses B-Feld keine Leitungselektronen vorfindet, kann eine longitudinale Kraft (Anziehung/Abstoßung) gemäß Lenz-Regel kaum auftreten, insbesondere auch dann, wenn die PM's in paralleler und nicht in antiparalleler Spinstellung orientiert sind.

Da positive Ladung "ortsfestes Ionengitter ohne Leitungselektronen" bedeutet, könnte der PM auch im Gebiet der positiven Ladung positioniert sein - es entstehen keine Wirbelströme wegen der in diesem Gebiet fehlenden Leitungselektronen, denn der Wirbelstrom entsteht durch Bewegung von Elektronen.

Die Leitungselektronen sitzen auf der *äußeren* Oberfläche des FM bzw. der Lamellierungsbleche im negativen Gebiet.

Die Größe der influenzierten Elektrizitätsmengen hängt von der Stärke des influenzierenden Feldes als auch von der Form und Größe des FM ab.

3. Schritt: Ladungsüberführung

Erfindungsgemäß wird dafür gesorgt, daß sich die influenzierten Elektronen in einem

a) metallischen Trichter mit einer Spitze sammeln, so daß sie mit einer der Spitze gegenüberliegenden Messerschneide - entlang der Oszillationsstrecke des FM - ständig durch *kontaktlose* Überführung mit vollständiger Ladungstrennung geerdet abgeleitet werden, oder in einer Leidener Flasche als Hochspannungskondensator zur Energiespeicherung, oder in einem Kondensator - je nach Spannungshöhe - gespeichert werden können.

b) Wenn statt eines Trichters eine der Oszillationsrichtung parallele Begrenzungsfläche des FM existiert, so kann man statt eine, viele Nadeln oder viele Messer zur Ladungsüberführung benutzen (Parallelschaltung).

Insgesamt erreicht man so eine positive Ladung des FM, d.h. nur noch das ortsfeste Ionengitter des FM mit positiver Ladung ist übrig und erzeugt praktisch keine Wirbelströme im B-Feld, wenn die Anzahl der Leitungselektronen minimiert ist. Je nach Höhe des positiven Potentials sind entsprechend viele Leitungselektronen überführt (→ Ergiebigkeit der Ladungstrennung).

Desweiteren können im Fall a) die Leitungselektronen bei der Bewegung des FM kaum Wirbelströme mit induziertem Magnetfeld erzeugen, da sie erstens sich in einem Trichter befinden, in dem die Beschleunigungsstrecke eingengt ist (ohne Trichter bei paralleler Begrenzungsebene können die Leitungselektronen frei im Metall beschleunigt und abgebremst werden) und zweitens werden sie ja durch Ladungstrennung weitgehend aus der Beschleunigungsstrecke entfernt.

4. Schritt: Transversale Bremskraft = Beschleunigungskraft (Fig. 38)

4.1 Als ersten Schritt können wir das *inhomogene Feld* so gestalten, daß die beiden Kraftvektoren der Lorentz-Kraft auf dem Kreisstrom, d.h. der größeren Kraft an der Front und der kleineren Kraft am Ende des FM, gleich sind → Symmetrie, also Bremsung und Beschleunigung sich gegenseitig aufheben. Dies bedeutet eine Feld-Kennlinie in transversaler Richtung = außen stärkeres Feld als innen.
→ Rotation des FM statt Oszillation, wegen asymmetrischem Profil.

4.2 Ein zweiter Schritt ist durch die transversale Zunahme der Materialbreite der durch die longitudinale Spalte getrennten Lamellenbleche mit Rest als Stege (zur Unterbrechung der Stromwirbel) in den gegenseitig isolierten dünnen Lamellenblechen gegeben: So entsteht in einem schmalen Steg bei der Bremsstelle ein relativ kleiner "großer" Wirbelstrom mit relativ kleiner Bremskraft und am transversalen Ende des FM (= Anfang des PM-Feldes) der relativ große "kleine" Wirbelstrom mit entsprechend relativ großer Beschleunigungskraft, so daß sich beide Kräfte - die nun relativ

kleinere Bremskraft mit der relativ größeren Beschleunigungskraft - gegenseitig aufheben können (Symmetrie → im Gleichgewicht stehen).
Option: → Rotation des FM statt Oszillation, wegen asymmetrischem Profil.

- 5 4.3 Auch die *Stegdicke* der Lammellenbleche kann als ein Profil derart ausgebildet werden, daß die im Steg lokal bremsenden Wirbelströme an der Vorderkante des Stegs - aufgrund eines Keilprofils - relativ viel kleiner sind, als die nun relativ stärker beschleunigenden Wirbelströme am dickeren Keilende des Stegs, weil sich in voluminös mehr leitendem Material die Wirbelströme stärker ausbilden können.
10 Die Profil- und damit die Dickenfunktion regelt das Verhältnis von Brems- zu Beschleunigungskraft.
Option: → Rotation des FM statt Oszillation, wegen asymmetrischem Profil.
- 15 4.4 Insgesamt werden die Bleche mit den Schlitten so *isoliert ineinander verschränkt geschichtet*, daß nur kleine Lücken für das B-Feld der PM's entstehen können - anders als die versetzte Lösung, bei der der FM (wegen der versetzten Schlitten) doppelt so dick würde.
- 20 4.5 Anti-Wirbelstrom-Konstruktion
4.5.1 Anti-Lorentz-Prinzip: Tangential-/Radialkräfte-Gleichgewicht mit Rechteck-Gradienten-Leiterschleife
- 25 In *transversal inhomogenen* Feldern entstehen verschiedene Kräfte an der Front und am Ende des induzierten Wirbelstromrings in einem FM-Leiter, wenn dieser sich tangential und relativ zum PM-Feld bewegt. Beachte antiparallel orientierte PM's: daraus resultieren *entgegengesetzt* gerichtete Wirbelstromringe im zum jeweiligen PM orientierten FM-Blech.
- 30 In einem *homogenen* Feld tritt *kein* Unterschied der Kräfte zwischen Front und Ende auf, weil das Magnetfeld keinen Gradienten besitzt. Bei *inhomogenen* Feldern ist der *Feldgradient* für die konstruktive Auslegung zur Kompensation mit verschiedenen Leiter-Querschnitten (Stegen) und spez. elektr. Widerstand an Front und Ende des FM maßgebend.
- 35 Erfindungsgemäß kann z.B. an der Frontseite des Wirbelstromrings ein dünnes *geschlitztes* Blech mit hohem spez. elektr. Widerstand (→ kleine Volumen-Wirbelströme) und am Ende ein dickes geschlitztes Blech mit niedrigem spez. elektr. Widerstand (→ große Volumen-Wirbelströme) angeordnet sein. Durch diese Konstruktion wird die bremsende durch die beschleunigende Wirbelstromkomponente kompensiert.
- 40 Die Konstruktion in Relation zum Wirbelstromring entspricht erfindungsgemäß einer rechteckigen Gradienten-Leiterschleife in dem die gegenüberliegenden Seiten (Front - Ende) dieser Rechteckschleife ein Paar von Stromelementen mit *entgegengesetzten* Stromrichtungen bilden - die Wirbelströme müssen bei Kompensation zum Gleichgewicht gleich sein. die verschiedenen Leiterquerschnitte (Front/Ende)
- 45 (Elektronenmenge im Volumen) und die verschiedenen spez. elekt.
- 50

Leitfähigkeiten sollen in ihrer kompensierenden Stromwirkung dem tangentialen Feldgradienten entsprechen, d.h. der tangentialen Vektor-Potentialdifferenz (magnetische Spannung $\Theta_{12}=U_{m12}$).

Um auch im *Einzelsteg* diese Gleichgewichtsbedingung zu erhalten, muß dieser als *keilförmiger Einzelsteg* mit Wirbelstromring (= Torus mit zwei asymmetrischen Leiter-Ästen: Front-Ende) konstruiert sein (keilförmige Einzelsteg-Leiter-Querschnittsfläche), so daß die bremsenden und beschleunigenden Kräfte in der Einzelsteg-Unterschleife gleich sind.

Die Wirkung der Kompensations-Konstruktion ist so, als würde die Leiterschleife in einem *homogenen* Feld (ohne Feld-Gradient) bewegt: Die Kraft-Wirkungen der Wirbelstromäste sind gleich stark - trotz Vektor-Potentialdifferenz.

Die Konstruktion der Leiterschleife mit obigen Anti-Wirbelstrom-Prinzip kann auch unter dem Winkel ϑ zur z-Achse angewendet werden, z.B. auch in Normalenrichtung; dabei ist eine andere Vektor-Potentialfunktion $B_r(\vartheta)$ mit einem anderen Potentialunterschied (Spannung) für Front und Ende zu berücksichtigen.

4.5.2 Anti-Lenz-Prinzip: Normalkräfte-Gleichgewicht
In hintereinander liegenden Leiterschleifen entstehen in der gleichen Umlaufrichtung induzierte Wirbelstromringe, die auch kompensiert werden können.

In den in der Normalenrichtung hintereinander angeordneten Leiterschleifen (FM-Bleche) ist die Richtung der induzierten Wirbelströme und ihrer Magnetfelder, die der Induktionsursache entgegenwirken, gleich, deshalb können zu ihrer Kompensation nachfolgende erfindungsgemäße Varianten eingesetzt werden:

1. Entgegengesetzt gerichtete Ströme mit *positiver Ladung*:

a) In äußerer oder innerer Leiterschleife negative Ladungsträger und

b) in innerer oder äußerer Leiterschleife positive Ladungsträgerart.
Die positiven Ströme entstehen durch positive Ladung bzw. positive Ladungsträger.

Varianten mit positiven Ladungsträgern (\rightarrow unipolare Ströme)

2. Unipolare Ströme in Flüssigkeiten.

a) Kolloidale Lösungen: positive oder negative Teilchen.
Die kolloidalen Teilchen sind entweder positiv oder negativ geladen; Die entgegengesetzt gleichen Ladungen befinden sich dann im angrenzenden Wasser.

Wenn ein Nichtleiter (Nichtelektrolyt) vorhanden ist, so lädt sich der Stoff mit der höheren Dielektrizitätskonstante positiv auf.

b) Abstoßende Kraft in Richtung abnehmender Feldstärke, Teilchen hat kleinere Dielektrizitätskonstante als die Umgebung; Teilchen hat kleinere Permittivität als das Vakuum.

c) Es können auch *elektronische* Halbleiter verwendet werden.
 N_e -Leiterschleife (negative Elektronenleitung) und P_e -Leiterschleife (positive Löcherleitung) → Unipolar-Halbleiterschleifen.

Die Elektronen leitende Leiterschleife im Magnetfeld zu drehen / verschieben kostet Arbeit; diese kann durch die o.g. Prinzipien *simultan* kompensiert werden.

Abschirmung zwischen negativen und positiven Leiterschleifen:
 Falls die *gegenseitige* Beeinflussung (Interferenz) des P_e - bzw. N_e -Leiterschleifen-Stroms - und damit die gegenseitige Kompensation der

links- bzw. rechtsdrehenden induzierten Wirbelstromringe - durch das jeweils entgegengesetzt orientierte induzierte Magnetfeld des anderen Leiterstroms verhindert werden soll (beachte gegenseitigen Abstand der Leiter wegen $B_r(\vartheta)$ der Leiterschleife), kann eine magnetische Abschirmung (magn. Isolation = Dimagnetikum) *zwischen* den negativen und positiven Leiterschleifen eingesetzt werden, so daß nur die Kompensationswirkung, relativ zum induzierenden Primärmagnetfeld, das die Richtung der induzierten Ströme und Lenz-Kräfte erzeugt, zur Wirkung kommt. Durch diese Konstruktion werden Ströme in der P_e - und N_e -Leiterschleife induziert (was bei einem Generator/Motor erwünscht ist), aber die Lenz-Kräfte in Normalenrichtung von den Leitern zum PM werden kompensiert, denn in diesem Fall wird die Richtung PM zum Leiter zur Induzierung und Richtung des Stromtransports benötigt.

Richtungsabhängige Abschirmung:

Es kann auch eine *richtungsabhängige* Abschirmung angewendet werden für den Fall, daß zur Induktion und Stromtransport nur die Feldrichtung $PM \rightarrow$ Leiterschleifen, aber nicht die umgekehrte Feldrichtung Leiterschleifen $\rightarrow PM$ erwünscht ist, weil diese die Lenzkräfte erzeugen.

Erfindungsgemäße Lösungen

1. Eigenkompensation paralleler Leiter

Lineares Leiterstück (Steg im Feldmodulator)

Die mechanische Bewegung eines linearen Leiterstücks, *senkrecht* zu seiner Länge, mit der Geschwindigkeit v_l führt zu einer Kraft F_q auf die Ladungsträger, die gleichbedeutend mit dem Auftreten einer induzierten elektrischen Feldstärke E_{ind} ist.

Es gibt zwei verschiedene Wirkungen der Lorentz-Kraft auf Leitungselektronen:

a) Kraft F_l auf einen stromdurchflossenen Leiter

Induktionsfeldstärke $E_{ind}=F_q/q$ in einem mit der Geschwindigkeit v_l bewegten linearen Leiter - dies ist äquivalent zum stationären linearen Leiter wenn der Magnet mit seinem Feld relativ zum linearen Leiter bewegt wird.

Bei *gleichgerichteten* Strömen in Leitern erfolgt eine *Schwächung* des Feldes zwischen den Leitern, so daß die Rückwirkung des induzierten Magnetfeldes zum Primärmagnetfeld – entsprechend der Leitfähigkeit und Querschnitt des Leiters – neutralisiert wird. Die parallelen Leiter können als Leiterschleife ausgebildet werden:

- a) Stromrücklauf-Ast *außerhalb* des Primärmagnetfeldes, oder
- b) Abschirmung des induzierten Magnetfeldes des Stromrücklauf-Astes *innerhalb* des Primärfeldgebietes, z.B. mit Weichferriten.

2. Negative und positive Leiterschleifen (L)
Kompensation von negativem Wirbelfeld mit positivem Wirbelfeld in Relation zum PM-Feld.

3. Magnetische Abschirmung (A) *zwischen* den Leiterschleifen (L)
Gegenseitige Beeinflussung: Beachte Abstand zwischen den Leiterschleifen. Beachte konstruktive Festlegung des

- a) Entmagnetisierungsfaktors (Länge zu Breite = Formanisotropie) und/oder

- b) der Kristallanisotropie und andere Anisotropien in der Abschirmungs-Schicht, um den Fluß zu leiten oder zu sperren (→ Konstruktion siehe Isotropie-/Anisotropie-FM und -PS).

4. Magnetisch *richtungsabhängige* Abschirmung (A)/Transluzenz zwischen den Leiterschleifen und dem PM

- a) Magnetische Feld-Halbleiter-Dioden-Schicht zwischen PM und negativer (N_e) und/oder positiver (P_e) Leiterschleife. Flußquanten nur von PM Richtung Leiterschleifen → induzierte Felder in L wirken nicht zurück auf den PM. (→ Magnetronik und)

- b) Magnetischer Spiegel mit periodisch magnetischer Brechungsindexmodulation zwischen PM und L.

- c) Magnetischer Resonator (magnetische Interferometer) mit magnetisch kohärentem Fluß zwischen PM und L (die magnetischen Spiegeloberflächen müssen der Krümmung des Magnetfeldes, d.h. den gekrümmten Wellenfronten des Magnetstrahles $B_r(\vartheta)$ genau angepaßt sein).

5. Magnetische Kompensation

- a) Bei Geschwindigkeit v der Leiterschleife Richtung weg vom Magnetpol
→ magn. Anziehung zwischen L und PM.
- Kompensation durch magnetisch positive Energie/Kapazität (Diamagnetikum) → Abstoßung.
Beachte den Unterschied: Magnetikum (= magn. Leiter) beseitigt die Anziehung, Diamagnetikum (magn. Nichtleiter = Isolator) dagegen nicht, Diamagnetikum bewirkt eine Abstoßung.
- Kompensation durch abstoßendes "Antifeld".

- b) Bei Geschwindigkeit v der Leiterschleife Richtung Magnetpol \rightarrow magn. Abstoßung zwischen L und PM.
 - Kompensation durch magnetisch negative Energie/Kapazität (Dimagnetikum) \rightarrow Anziehung.
 - Kompensation durch anziehendes "Antifeld".
 Die Kompensation der Arbeit kann auch nacheinander (seriell) vorgenommen werden, indem jeweils nur eine Leiterart aktiv ist und bewegt wird - die Summe der Arbeit $W_N + W_P$ ist gleich null.

5

10

Durch die o.g. Prinzipien ist der Bau von Elektrogeneratoren und Motoren mit höherem Wirkungsgrad möglich.

Leiterschleifen Anti-Lenz-Prinzip

FM-Blech als Leiterschleife:

15

Bei einer z.B. rechteck-förmig *geschlossenen* Leiterschleife, die *parallel* zum \mathbf{B} -Feld liegt ($\alpha=90^\circ$), würden bei einer *linearen* Bewegung der Schleife *senkrecht* zu einem *homogenen* \mathbf{B} -Feld die Induktionsspannung der induzierten \mathbf{E} -Felder bei der Integration über die Schleife null ergeben.

20

Bleibt die Schleife in ihrer Lage stationär, z.B. unter Winkel $\alpha=90^\circ$ oder 45° , wird also *nicht* gedreht, und der Magnet mit seinem *inhomogenen* Feld bewegt sich relativ zur Leiterschleife, so tritt folgende Wirkung ein: Es wird eine Ringspannung induziert mit einem Wirbelstromring in der Schleife aufgrund des sich zeitlich ändernden und inhomogenen \mathbf{B} -Feldes, welches wiederum auf den Ästen der Schleife bei verschiedenem \mathbf{B} -Betrag ein instationäres inhomogenes induziertes Magnetfeld mit magnetischem Moment erzeugt.

25

Wirbelstromring mit Kompensation der Kräfte bei Front und Ende der Leiterschleife

30

Stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld:

Die Richtung von \mathbf{B} ist die Richtung des magnetischen Flusses.

Sind die magnetischen Feldlinien unter einem Winkel α zur Flächennormalen geneigt, so ist nur die Flußdichte *senkrecht* zur Fläche $\mathbf{B} \cos \alpha$ maßgebend.

35

Die Kraft \mathbf{F} auf einen stromdurchflossenen Leiter der Länge l in einem Magnetfeld \mathbf{B} wirkt *senkrecht* zur Fläche, die von den Vektoren l und \mathbf{B} aufgespannt wird.

40

Die Lorentz-Kraft ist maximal, wenn v und \mathbf{B} senkrecht zueinander stehen und null, wenn sich die Ladungsträger in Richtung des magnetischen Feldes bewegen.

45

Bei einer Leiterschleife unter Winkel $\alpha=0^\circ$ hat das zur Folge, daß die gegenüberliegenden Kräfte entgegengesetzt *radial nach außen* wirken (= Abstoßung mit Verstärkung des Feldes innerhalb der Leiterschleife); bei einem Winkel der Leiterschleife unter $\alpha=45^\circ$ sind die Kraftvektoren entgegengesetzt unter $\alpha=45^\circ$ gerichtet.

50

Die im mathematisch negativen Sinne umlaufenden Feldlinien des stromdurchflossenen Leiters überlagern sich mit den vom Nord- zum Südpol laufenden Feldlinien des Magneten.
 Das resultierende Feld hat in diesem Fall eine Feldlinienverdichtung auf der linken und eine Feldlinienverdünnung auf der rechten Seite.
 Auf den Leiter wird eine Kraft in Richtung der Feldverdünnung (nach rechts) wirksam (Lorentz-Kraft). Bei in positivem Sinne umlaufenden Feldlinien entsteht die Feldverdünnung auf der linken Seite; die Lorentz-Kraft wirkt in diesem Fall nach links.

Durch den induzierten Stromfluß in der Leiterschleife (Wirbelstromring) entsteht ein magnetischer Nord- und Südpol, dessen Polstärke Φ bei Leiterschleifenlage zu \mathbf{B} im Winkel $\alpha=0^\circ$ maximal und bei $\alpha=90^\circ$ null ist. Die Front- und End- Äste der Leiterschleife unter $\alpha=45^\circ$ können in ihrer Querschnittsfläche und/oder spez. elektr. Widerstand so variiert werden, daß die entgegengesetzten Kräfte der Front-/End-Ästen sich kompensieren.

Durch die Leiterschleifenlage bei $\alpha=45^\circ$ wird auch eine Wirbelstromring-Komponente mit Stromtransport I und Umlaufsinn *parallel* zum \mathbf{B} -Feld erzeugt. Die Komponenten der Lorentz-Kräfte auf den Ästen dieses zu \mathbf{B} schrägen Wirbelstromrings liegen auf dem jeweiligen Potentialniveau und können mit den Kompensations-Prinzipien der Änderung des Front-/End-Leiterquerschnitts (mehr Elektronen \rightarrow größerer Strom) und/oder der spez. elektr. Leitfähigkeit und/oder mit einem regelbaren Spannungs-/Stromventil das Gleichgewicht herbeiführen, so daß in Normalenrichtung $F_1-F_2=0$ beträgt.

Bei Geschwindigkeit v der Leiterschleife Richtung magnetischer Nordpol (Normalenrichtung), oder Magnet mit v Richtung Leiterschleife, liegt in der Schnittebene zur Leiterschleife die in tangentialer Richtung *bremsende* Frontkraftkomponente F_2 auf Potentialniveau B_2 und die *beschleunigende* Endkraftkomponente F_1 auf Potentialniveau B_1 .

Die Leiterschleife kann vorzugsweise aus vielen parallelen einzel-Leiterschleifen, schräg zum \mathbf{B} -Feld ($\alpha=45^\circ$) bestehen.

Folge: Keine Lenz-Kräfte in Normalenrichtung trotz Lorentz-Kräfte. Durch die Kompensations-Konstruktion der Leiterschleifen-Äste sind dies quasi wechselwirkungsfreie Wirbelstromringe.

Man kann noch weiter gehen und im inhomogenen Feld die beschleunigende Kraft F_1 am Wirbelstromring-Ende so verstärken, daß sie *größer* ist als die bremsende Kraft F_2 an der Wirbelstromfront.

Verallgemeinerung der Prinzipien

Diese vorgenannten Prinzipien lassen sich erfindungsgemäß analog auf alle in Transversal- und Normalrichtung *inhomogene* Felder anwenden. Wir bezeichnen verallgemeinert ein Potentialfeld als \mathbf{X} -Feld und ein Wirbelfeld als \mathbf{Z} -Feld (\mathbf{Z} =Zirkulation), weil die Gesetzmäßigkeiten der

Potentialtheorie und Wirbeltheorie analog auf alle konkreten Feldarten anwendbar sind.

Entstehung eines Wirbelfeldes

Ein *inhomogenes* Feld (z.B. Strömung oder Magnetfeld etc.) enthält immer Wirbel, denn die Rotation *beginnt* dort, wo sich das Potential (z.B. Geschwindigkeitspotential v , oder magnetisches Potential $B_v(\mathcal{A})$, etc.) *quer* zu seiner eigenen Richtung *ändert*.

Also bei: Quer-Kraftprofil oder Quer-Magnetfeldprofil oder Quer-Geschwindigkeitsprofil, oder verallgemeinert Quer-X- bzw. Z-Feldprofil; sein Gradient bestimmt die zum Verschieben nötige Kraft. Auch bei einem Wirbelfeld ist ein Quer-Profil vorhanden (z.B. radiale Geschwindigkeits- oder Kraftänderung, vgl. Lorentzkraft, Corioliskraft, etc.)

An einer Grenzschicht entsteht immer Reibung, auch beim elektrischen oder magnetischen etc. Feld. Folge: Entstehung von Wirbeln durch elektromagnetische Reibung an den Atomen, Ionen, Molekülen, mit der Folge eines X- bzw. Z-Profiles.

Wirbelstromring, Zirkulationsbegriff, Magnetisches Wirbelfeld

Rings um ein magn. Wirbelfeld (Wirbelstromring I) treibt die PM-Feld-Strömung/Feld-Fluß Φ (die Flußquanten Φ_0) die Zirkulation ständig an. Für einen solchen Weg ist die Zirkulation $Z = \oint v \cdot ds \neq 0$. Anders auf einem geschlossenen Weg, der den Wirbel nicht umschließt. Dort herrscht ein Potentialfeld oder Potentialströmung, d.h. auf einem solchen Weg ist $Z=0$. Ein kreisförmiger Weg um ein rotationssymmetrischen Wirbel liefert $Z=2\pi r v$.

Die Bedeutung des Zirkulationsbegriffs liegt vor allem darin, daß er die Kräfte *quer* zur Strömungs-/Feldrichtung beschreibt, die den dynamische Auftrieb ergeben.

Es wird z.B. die Feldstärke (E, D, H, B) alternativ als *Beschleunigung* (so wie die Gravitationsfeldstärke g) beschrieben und die Strömung dieser elektromagnetischen Felder erfolgt mit Lichtgeschwindigkeit bzw. Phasengeschwindigkeit, bzw. Gruppengeschwindigkeit.

Die Auftriebskraft F_A wirkt bei gleichgerichteter Zirkulation entgegen der Lorentz-Kraft F_L .

Vgl. Umströmung eines rotierenden elektrisch leitenden Zylinders mit magnetischem Wirbelfeld um einen elektrischem Wirbelstromring mit magn. Magnuseffekt.

Potentialtheorie und Wirbeltheorie analog auf alle konkreten Feldarten anwendbar sind.

Entstehung eines Wirbelfeldes

Ein *inhomogenes* Feld (z.B. Strömung oder Magnetfeld etc.) enthält immer Wirbel, denn die Rotation *beginnt* dort, wo sich das Potential (z.B. Geschwindigkeitspotential v , oder magnetisches Potential $B(\vartheta)$, etc.) *quer* zu seiner eigenen Richtung *ändert*.

Also bei: Quer-Kraftprofil oder Quer-Magnetfeldprofil oder Quer-Geschwindigkeitsprofil, oder verallgemeinert Quer-X- bzw. Z-Feldprofil; sein Gradient bestimmt die zum Verschieben nötige Kraft. Auch bei einem Wirbelfeld ist ein Quer-Profil vorhanden (z.B. radiale Geschwindigkeits- oder Kraftänderung, vgl. Lorentzkraft, Corioliskraft, etc.)

An einer Grenzschicht entsteht immer Reibung, auch beim elektrischen oder magnetischen etc. Feld. Folge: Entstehung von Wirbeln durch elektromagnetische Reibung an den Atomen, Ionen, Molekülen, mit der Folge eines X- bzw. Z-Profiles.

Wirbelstromring, Zirkulationsbegriff, Magnetisches Wirbelfeld

Rings um ein magn. Wirbelfeld (Wirbelstromring I) treibt die PM-Feld-Strömung/Feld-Fluß Φ (die Flußquanten Φ_0) die Zirkulation ständig an. Für einen solchen Weg ist die Zirkulation $Z = \oint v \cdot ds \neq 0$. Anders auf einem geschlossenen Weg, der den Wirbel nicht umschließt. Dort herrscht ein Potentialfeld oder Potentialströmung, d.h. auf einem solchen Weg ist $Z=0$. Ein kreisförmiger Weg um ein rotationssymmetrischen Wirbel liefert $Z=2\pi r v$.

Die Bedeutung des Zirkulationsbegriffs liegt vor allem darin, daß er die Kräfte *quer* zur Strömungs-/Feldrichtung beschreibt, die den dynamische Auftrieb ergeben.

Es wird z.B. die Feldstärke (E, D, H, B) alternativ als *Beschleunigung* (so wie die Gravitationsfeldstärke g) beschrieben und die Strömung dieser elektromagnetischen Felder erfolgt mit Lichtgeschwindigkeit bzw. Phasengeschwindigkeit, bzw. Gruppengeschwindigkeit.

Die Auftriebskraft F_A wirkt bei gleichgerichteter Zirkulation entgegen der Lorentz-Kraft F_L .

Vgl. Umströmung eines rotierenden elektrisch leitenden Zylinders mit magnetischem Wirbelfeld um einen elektrischem Wirbelstromring mit magn. Magnuseffekt.

**Laminare/homogene - turbulente/inhomogene
Feld-Strömung/Feld-Fluß Φ**

Definition Kräfte:

Reibungswiderstandskraft F_R

Druckwiderstandskraft F_D

Gesamte Widerstandskraft $F_W = F_R + F_D$

F_W nimmt quadratisch mit der Feld-Strömungsgeschwindigkeit /
Feld-Flußgeschwindigkeit zu.

Nach einer bestimmten "Lauflänge" entlang eines elektromagnetischen
Körpers wird die Feld-Grenzschicht turbulent. Der Umschlagpunkt
hängt von der Form der elektromagnetischen Körpervorderkante, aber
auch von der Rauigkeit der Oberfläche ab.

Feld-Stromlinienkörper

Die Geometrie eines Feld-Stromlinienkörpers hat die Besonderheit, daß
der Druckabfall entlang des Feld-Körpers so langsam stattfindet, daß
keine Feld-Wirbel auftreten können. → Ausbildung eines elektromagne-
tischen Feld-Stromlinienkörpers.

Beachte Grenzschicht D, innerhalb der die
Feld-Strömungsgeschwindigkeit von $v=0$ auf den vollen Wert ansteigt. Es
bildet sich im vorderen Teil des Feld-Stromlinienkörpers zunächst eine
laminare Grenzschicht aus. In diesem Bereich werden die
Flußquanten beschleunigt. Bei weiterer Feld-Strömung entlang des
FKM-Feldkörpers nimmt der Feld-Strömungsdruck zu, so daß wegen der
jetzt beginnenden Verzögerung der strömenden Flußquanten eine
Feld-Wirbelbildung einsetzt. Es entsteht aus einer laminaren
Grenzschicht eine turbulente Feld-Strömung (laminare Unterschicht,
turbulente Oberschicht).

**Kraft am durch Feld-Fluß umströmten Feld-Körper (Leiter mit
Wirbelfeld)**

Treten bei der Feld-Umströmung von Körpern auf der konvexen Seite
höhere Feld-Strömungsgeschwindigkeiten als auf der
gegenüberliegenden konkaven Seite auf, so hat dies zur Folge (analog
Bernoulli-Gleichung), daß an der konvexen Seite ein Feld-
Unterdruckgebiet und an der konkaven Seite ein Feld-
Überdruckgebiet entsteht. Aus diesem Grund wird eine dynamische Kraft F_A quer zur
Feld-Strömungsrichtung und in Richtung der konvexen Seite wirksam, die
analog zur Druckkraft F_D formuliert wird. Diese Kraft F_A (Richtung konvexe
Seite) ist der Lorentz-Kraft F_L (Richtung konkave Seite) entgegengerichtet,
wenn die Zirkulationsrichtung der Feldströmung im gleichen Sinne
orientiert ist wie die Zirkulationsrichtung des Magnetfeldes: $\Sigma F = F_A - F_L$
Auf der konvexen Seite ergibt sich: $+F_A, >\Phi \rightarrow >v \rightarrow <p$
Auf der konkaven Seite ergibt sich: $-F_A, <\Phi \rightarrow <v \rightarrow >p$
Mit F_A kann F_L kompensiert werden.

Auch kann durch eine der magnetischen Induktionszirkulation
entgegengerichtete Zirkulation der Feld-Strömung die abstoßende
Lenz-Kraft des im Leiter induzierten Magnetfeldes auf das induzierende

Magnetfeld des PM kompensiert werden; in diesem Fall zeigt die konvexe Seite des Feldkörpers Richtung Lorentz-Kraft.

Die Kraft wirkt in Richtung Unterdruckgebiet (Feldverdünnung) = höhere Strömungsgeschwindigkeit; gegenüberliegend ist das Überdruckgebiet. Beachte Profil (Feld-Strömungskörper mit $F_A=0$, "Auftriebs"-Körper mit $F_A \neq 0$). "Auftriebs"-kraft F_A und Widerstandskraft F_W ergeben vektoriell addiert die resultierende Kraft $F_0 = F_A + F_W$. Die Richtung der "Zirkulation" der Feld-Strömung wird durch die Richtung der konvexen Seite zum Magnetfeldfluß Φ bestimmt.

"Elektromagnetischer Flügel"

Die langgezogene Tropfenform des Feld-Körperprofils ("Flügel") setzt den Feld-Anströmwiderstand stark herab. Gleichzeitig aber behindert die Wölbung des Feld-Körpers mit der scharfen Hinterkante den "links herum" laufenden Feldwirbel des Feld-Wirbelpaares erheblich stärker als den anderen und nötigt ihn zum Abreißen. Der Rechts Feldwirbel bleibt hängen und überlagert sich der anströmenden Potentialströmung.

Genau der gleiche Effekt entsteht in anderen inhomogenen Potential- und Wirbelfeldern.

5. Schritt: Elektrischen Widerstand erhöhen

Im Betrieb wird der FM wärmer, so daß sich der spez. elektr. Widerstand beim FM-Metall erhöht (bei FM-M-Halbleitern umgekehrt)
→ kleinere Wirbelströme → kleinere Lorentz-Kräfte.

Optionen

Die anderen Effekte, wie Magnetoresistenz, Druckabhängigkeit des Widerstandes und elektrische-/Wärmeleitfähigkeit können sinnvoll kombiniert werden - wenn es geht, immer im Prinzip der Gleichgewichtskompensation.

4.5.2.2 Stationärer FM

Für den stationären FM gelten alle Schritte 1.-4.4 (jedoch ohne 4.1-4.3) und 5. Nur die longitudinalen Lorentz-Kräfte, die bei der Lenz-Regel entstehen, sind zu minimieren/eliminieren; tangential Lorentz-Brems- und Beschleunigungskräfte treten wegen der fehlenden transversalen Bewegung des FM nicht auf. Auch die in 3. genannte Beschleunigung/Verzögerung der Elektronen bei Oszillation des stationären FM fällt weg. Im Falle des magnetischen M-Halbleiter ist der umgekehrt temperaturabhängige Widerstand zu beachten.

4.5.2.3 Konstruktion des kinematischen FM mit magnetischem Anti-Wirbelstrom-Prinzip (Fig. 39)

→ Ladungsverschiebung durch Induktion:

Die Existenz einer Induktionsfeldstärke längs eines bewegten Leiterstücks, das nicht Teil eines Stromkreises ist, führt zu Ladungsverschiebungen (Influenz) bis zur Kompensation der Induktionsfeldstärke. In einem Metallstück resultiert daraus ein "Elektronenüberschuß" auf der einen und ein "Elektronenmangel" auf der anderen Seite. → Induktionsfeldstärke längs des sich bewegenden FM → Transversal-Influenz. Die elektrische (Ursache

E-Feld) und magnetische Influenz (Ursache Induktion) kann bei richtiger Orientierung der Pole und Bewegungsrichtung des FM zusammengelegt werden, sodaß die Wirkungen sich vektoriell addieren.

Kinematischer FM: Influenz durch Induktionsstärke längs eines *bewegten Leiters* = FM.

Bei FM-Oszillation kehrt sich die Influenzierung um, wenn die Bewegungsrichtung sich umkehrt; bei Kreisbewegung des FM mit Geschwindigkeit v ist immer die gleiche Richtung vorhanden, in der das B-Feld geschnitten wird.

- PM-Magnetfeld von vorn nach hinten mit parallel orientiertem Spinnmoment der PM's.

- Bei antiparallelen Spinnmomenten der PM's neutralisiert sich das B-Feld in der Symmetrieebene; auf den PM zugewandten FM-Oberflächen ist die Ladung umgekehrt influenziert (Richtung B-Feld anders).

- Bei richtiger Orientierung ergänzen sich die E-Influenz mit B-Influenz; die Elektronen bzw. die Ladungen müssen auf derselben Seite sein

Kinematischer FM: Influenz durch Induktionsstärke längs eines *bewegten Leiters* = FM.

Bei FM-Oszillation kehrt sich die Influenzierung um, wenn die Bewegungsrichtung sich umkehrt; bei Kreisbewegung des FM mit Geschwindigkeit v ist immer die gleiche Richtung vorhanden, in der das B-Feld geschnitten wird.

- PM-Magnetfeld von vorn nach hinten mit parallel orientiertem Spinnmoment der PM's.

- Bei antiparallelen Spinnmomenten der PM's neutralisiert sich das B-Feld in der Symmetrieebene; auf den PM zugewandten FM-Oberflächen ist die Ladung umgekehrt influenziert (Richtung B-Feld anders).

- Bei richtiger Orientierung ergänzen sich die E-Influenz mit B-Influenz; die Elektronen bzw. die Ladungen müssen auf derselben Seite sein

4.5.2.4 Kombinierte Elektrische und magnetische Anti-Lorentz-Kraft-Prinzipien

Es gibt zwei Prinzipien:

a) Magnetische und elektrische Influenz *gleichgerichtet* orientiert (Fig. 40).

1. Das *magnetostatische* Feld treibt die Ladung mit der durch die Induktionsspannung E_{ind} erzeugten Kraft F_q bei *Bewegung* des Leiters nach rechts und zur Mitte (siehe umgekehrte Flußrichtung des B-Feldes der jeweiligen Magnetpole), wenn sie nicht durch Blech-Isolation gehindert wird.

2. Das *elektrostatische* Feld treibt die Elektronen ebenfalls zur Mitte (siehe Anordnung der E-Pluspole), sodaß sie sich rechts am E-Minuspol konzentrieren (wenn sie nicht gehindert werden durch die longitudinale lamellierte Blechtrennung mit einer Isolationsschicht), sodann kann die Ladungsüberführung in der Mitte erfolgen.

Das B-Feld kann in den Lamellen-Blechen transversal, senkrecht zur FM-Bewegung, und durch überlappte Flußübergänge zwischen den Stegen auch transversal, waagrecht = parallel zur FM-Bewegung, fließen.

b) Elektrische und magnetische Influenz *gekreuzt* orientiert (Fig. 41).

1. Das *elektrostatische* Feld treibt die Ladung *schon vor der Bewegung* des Leiters und *außerhalb* des B-Feldes im Steg nach unten; die Stege sind durch Schlitzte getrennt (Stromunterbrechung) - es entsteht Influenz und eine *neutrale Zone*.

2. Das B-Feld kann deshalb - bei Bewegung des Leiters - die e-Ladung mit der durch die Induktionsspannung E_{ind} erzeugten Kraft F_q nicht mehr zur Mitte (siehe umgekehrte Flußrichtung des B-Feldes der jeweiligen Magnetpole) und nicht nach rechts treiben, wenn die Ladungsträger, außer durch die neutrale Zone (erzeugt durch das E-Feld), durch eine longitudinale Trennung der Lamellenbleche mit Isolationsschicht daran gehindert werden (Fig. 42). Die Ladungstrennung erfolgt dann unten am E-Pluspol.

Variante a:

Fluß der Elektronen nach rechts zum E-Pluspol aufgrund der isolierenden Trennschichten nicht möglich, d.h. Bewegung der Elektronen nach rechts verhindert, sodaß sich die Lorentz-Kraft F_q , aufgrund des fehlenden Elektronenflusses im Leiter nach rechts (Bewegung der Elektronen im Leiter nicht möglich, weil die Ladung vorher aus diesem Gebiet entfernt wurde) erst gar nicht einstellen kann. F_q ist aber lokal in den isolierten Lamellen-Blechen vorhanden, wenn die Elektronen noch dort sind.

Variante b:

Sollten noch Elektronen vorhanden sein, so können diese nur mit F_q nach rechts driften (induzierte Influenz), wenn eine Durchkontaktierung im Sinne eines Leiters der Länge l erfolgt ist. Diese könnten dann in der Mitte des FM durch eine Ladungsübertragung entfernt werden (FM ist positiv geladen).

Das B-Feld kann in den Lamellen-Blechen transversal, senkrecht zur FM-Bewegung, und durch überlappte Flußübergänge zwischen den Stegen auch transversal, waagrecht = parallel zur FM-Bewegung, fließen.

Alle Prinzipien können auch bei longitudinaler Bewegungsrichtung der PM konstruktiv umgesetzt werden, wenn Lorentz-Kräfte auftreten.

4.5.2.5 Zusammenfassung

4.5.2.5.1 Kräfte bei bewegten Magneten und ruhendem FM

Magnetfeld nicht zeitlich konstant (instationär), Lage des FM stationär.

FM = "Auf" bei OT:

Wenn die PM's sich vom *offenen* FM entfernen, können keine Lorentz-Kräfte entstehen.

FM = "Zu" bei UT:

Wenn sich die PM's dem *geschlossenen* FM *annähern* (\rightarrow Gleichgewichtszustand), entstehen *abstoßende* Kräfte durch die in der PM-nahen FM-Front-Oberfläche induzierten Wirbelströme; in der Symmetrieebene des FM sind sie null, da sich die Ströme durch die antiparallelen PM's entgegengesetzt neutralisieren.

FM = "Zu" bei OT:

Wenn sich die PM's vom *geschlossenen* FM entfernen, so entstehen *anziehende* Kräfte in der Front-Oberfläche des FM.

Kommt nur vor, wenn die Maschine gebremst werden soll, dann ist der FM geschlossen bei Bewegung der PMs von OT→UT.

4.5.2.5.2 Kräfte bei bewegtem FM (bewegter Leiter)

PM's in OT, FM öffnet oder schließt → Bewegung des FM mit seinen Leitern. Magnetfeld zeitlich konstant (stationär), Lage des FM instationär.

B-Feld, Leiter im FM und Leiter-/FM-Bewegung sind drei aufeinander senkrecht stehende Größen.

Bewegung des Leitungselektrons mit Ladung q entweder **elektrisch**, bewirkt durch ein E-Feld, entlang des Leiters oder **mechanisch** durch dessen Parallelverschiebung.

1. Kraft F_l auf einen stromdurchflossenen Leiter

Die (elektrische) Bewegung mit Ladungstransport-Geschwindigkeit v_q im Feld B führt zu einer (mechanischen) Kraft F_l in transversaler Richtung auf den Leiter.

2. Kraft F_q auf Leitungselektronen

Die mechanische Bewegung des Leiters, senkrecht zu seiner Länge, mit der Geschwindigkeit v_l führt zu einer Kraft F_q auf die Ladungsträger, die gleichbedeutend mit einer induzierten elektrischen Feldstärke E_{ind} ist:

$$F_q = q E_{ind} \quad (= \text{Lorentz-Kraft auf Leitungselektronen})$$

Die Induktionsfeldstärke längs des bewegten Leiterstücks, das nicht Teil eines Stromkreises ist, führt zu Ladungsverschiebung (Influenz) bis zur *Kompensation* der Induktionsfeldstärke.

Im FM-Leiter resultiert daraus ein "Elektronenüberschuß" (= Elektronenanhäufung) auf der einen und ein "Elektronenmangel" auf der anderen Seite = Influenz.

Die influenzierte Ladung wird als Ladungstrennung verstanden und in einem überlagerten influenzierenden E-Feld mittels einer Spitze überführt; der Leiter soll positiv geladen sein.

5. FM-Schichtenaufbau / Lamellierung**FM-Struktur**

Im Gegensatz zur PS-Struktur stellt das FM-Blech den *transversalen* leitenden Fluß zwischen den Polen der antiparallel angeordneten PM's her. Die transversalen, dünnen (gegen Wirbelströme) FM-Bleche erhalten zusätzlich (außer der dünnen Blechdicke und ggf. Kornorientierung / Kristallorientierung, Formanisotropie) eine *longitudinale* Anti-Wirbelstrom-Struktur (Spalte in den Blechlamellen).

FM für kinematisch-passiven Einsatz (Transversalbewegung)

Es sind die *wechselsinnig* in transversaler Richtung geschichteten Blech-Kämme (mit Spalten) funktionsrelevant. D.h. die übereinander und in der Projektion die Anti-Wirbelstrom-Spalten *abdeckenden* Blech-Kämme, die ihrerseits *senkrecht*

zur Blechebene, also in *longitudinaler* Richtung eine Anti-Wirbelstrom Spalten-Struktur besitzen, konstruktiv festzulegen.

Die Spalten-Struktur in den übereinander liegenden Blech-Kämmen muß in der nächsten darüber liegenden Blechebene so verschoben sein, daß *kein* magnetischer Fluß, ohne Überdeckung (Abschirmung) der Spalte der darunter befindlichen Blech-Kämme, den FM *longitudinal direkt durchqueren* kann: Die Überlappungslänge für transversalen Fluß muß konstruktiv berücksichtigt werden.

Für optimale Abschirmwirkung kann es notwendig sein, das FM-Material am Einsatzort (in situ) durch ein Wechselfeld abnehmender Amplitude zu entmagnetisieren (wenn der FM in Offen-Stellung steht).

Lamellierung der FM-Scheibe

Schichtung (Fig. 43)

Übereinander versetzte Blechlamellen, Spalten müssen verdeckt sein. Beachte Überlappungslänge mit transversalem Fluß. Bänder und Dicken unter 0,05 mm können zu Folienpakete verarbeitet werden. Danach lassen sich durch Funkenerosion Formteile schneiden.

- mechanisch-elektrische Unterdrückung von Wirbelströmen
- Lamellenflächen *senkrecht* zu den Wirbelströmen anordnen
- isolierende elektrische Oxidschicht zwischen den Lamellen
- plangeschliffene Stirnflächen, kleine Luftspalte zwischen den Blechen
- wesentlich geringerer magnetischer Widerstand durch *wechselsinnig* geschichtete FM-Bleche (große Flächenberührung, Scherung: Luftspalt zwischen zwei FM-Blechebenen).

Mindestabstand der Schichtung:

a) = Dicke der Isolationsschicht,

b) Trennschicht in longitudinaler Richtung wegen Mehrfachabschirmung (es multiplizieren sich die Einzelabschirmungen)

Überlappungslänge bei der Schichtung beachten

- von einer bestimmten Luftspatlänge an ist der *magnetisch* wirksame Spalt kleiner als der *geometrische* (Fluß nicht zwischen den geschliffenen Stirnflächen der Mittelstege, sondern über Parallelweg durch die Luft)
- Blechform bestimmt die Magnetisierungskennlinie, bei Legierungen mit magnetischer Vorzugsrichtung sind besondere Formen oder Schichtweisen erforderlich (U- und ED-Bleche mit verbreiteter Basis)
- magnetische Brechung der Feldlinien an Grenzflächen nutzen (magn. Brechungsindex)
- beachte geneigte Scherung der Hysterese

PS-Struktur

In den Polschuhen sind die Blechorientierungen ausschließlich *parallel* zur *longitudinalen* Richtung, also *parallel* zum zu überbrückenden Fluß im Luftspalt und damit *senkrecht* zu den Wirbelströmen; die PS überdecken nur die Pol-zu-Pol verbindung zwischen den verschiedenen, antiparallelen, sich abstoßenden PM's. Bei den Polschuhen ist die Kristallanisotropie / Kornorientierung und die magnetischesehr Formanisotropie funktionsrelevant.

6. Transversalkraft-Kompensation

Ziel: FM- / PS- Arbeits-Kompensation im Gleichgewichts-Zustand bei OT.
Transversal-Arbeits-Kompensation zwischen negativer Arbeit im PM-Feld plus positive Arbeit im Kompensator-Feld

$$-\Sigma W_t \rightarrow 0 \rightarrow |-W_{t(PM)}| + |W_{t(K)}| \rightarrow 0 \rightarrow \mu_m \rightarrow \infty \text{ bei OT}$$

Ferromagnetischer Stoff wird transversal ins Magnetfeld (PM's) hineingezogen. Die Arbeit ist *negativ* = Verlust ($-W_{tzu}$), wenn er aus dem PM-Feld *herausgezogen* wird (FM = Öffnen in Takt 1). Der Fall FM "Schließen" im PM-Nahfeld bei OT kommt nicht vor. Die Arbeit ist *positiv* ($+W_{tab}$), wenn der FM in das Feld *hineingezogen* wird (FM = Schließen in Takt 3). Dieser starke Kompensations-Fall tritt aber bei OT nicht auf, weil der Schließvorgang im 3. Takt nur mit ganz geringem transversalem Kraftfeld stattfindet (die PM's sind zum FM im Fernfeld mit Hub-Abstand $h/2$).

Zusammen = FM Öffnen im PM-Feld + FM Kompensieren im Kompensatorfeld - in der Systemeinheit PM's + K - kompensieren sich die bewegungsrichtungsabhängigen Teil-Arbeiten, wenn ein Gleichgewicht zwischen beiden Anteilen hergestellt wird.

$$-W_{t(PM)} + W_{t(K)} \rightarrow 0, \text{ deshalb } \eta_m \rightarrow \infty \text{ bei OT}$$

Dies ist nur möglich, wenn im 1. Takt ein transversales Gleichgewicht hergestellt und im 3. Takt keine transversale negative Arbeit beim FM-Schließvorgang notwendig ist. Da das Kraftfeld der PM's im 3. Takt bezüglich FM ein Fernfeld ist, wird beim Schließvorgang *positive* Arbeit gewonnen, die man, wegen ihrer Kleinheit, kaum zur Kompensation der *negativen* Arbeit beim Öffnen des FM im 1. Takt heranziehen kann; formal wird sie jedoch berücksichtigt.

Allgemeine Kraftkomponenten auf FM-/PS-Bewegung

1. Ziel: 1. Magnetische Kraft (transversale Anziehung FM/PS durch PM)

2. Ziel: Reduktions-/Kompensations-Optimierung:

[2. Elektrische Kraft (Lorentz-Kraft, Bremswirkung),
Kompensation durch Anti-Wirbelstrom-System]

[3 Gravitationskraft (Masse · Beschleunigung),
Kompensation durch Gegengewicht-Beschleunigung]

[4. Mechanische Kraft (Reibung), Reduktion durch
Magnet/Luftlager, entscheidend ist Viskosität]

[5. Thermo-Kraft]

1. Variante A: Stationär-aktive Kompensation von $-F_t(s) = -W_t$ Spule mit verstärkendem Kern

Die nachfolgenden Kompensations-Varianten können durch Spulen mit verstärkendem Kern realisiert werden. Allerdings wird dabei die negative Arbeit zum Betrieb der Spule für die Erzeugung des Erregerfeldes H_a benötigt. Durch die verstärkende Wirkung des Ferro-Kerns mit hoher Permeabilität am Arbeitspunkt A_3 , ist der Energieverbrauch - relativ zur notwendigen Kraftkompensation im Vergleich zur Spule ohne Kern - sehr gering.

Vorteil: K-Transversal-Kraft-Weg-Kennlinie kann genau so eingestellt werden wie die PM-Transversal-Kraft-Weg-Kennlinie, sowie dynamisch in der Intensität gesteuert und auch im 3. Takt deaktiviert werden.

1. Longitudinalfeld-Spulen-Kompensator

Die Kompensation kann durch zwei Spulen in antiparalleler longitudinaler Anordnung (wegen symmetrischer Transversal-Komponente $F_t(s)$) wie die Arbeitsmagnete (PM's) erfolgen, wobei die Spulen durch Ferro-Feld-Verstärker (Kern) ausgebildet sind. Hierbei ist der Arbeitspunkt/Verstärkungspunkt mit M bei $A_3=B_2-H_{a2}$ mit der Amplitudenpermeabilität μ_{amax} = Tangentenpunkt an der Magnetisierungskurve, zu beachten (Stoffauswahl mit hoher Verstärkung = Arbeitspunkt A_3 bei μ_{amax}):

Durch diesen Zusammenhang wird der Kompensations-Energieaufwand wegen großer Feldverstärkung sehr klein (Fig. 44).

2. Transversalfeld-Spulen-Kompensator (Fig. 45)

Vorteile stationäres System

Masse des Kompensators wird *nicht* mitbeschleunigt/verzögert bei der Arbeitsmagnetbewegung → geringeres Magnet-Kolbengewicht und geringere Verluste an kinetischer Energie.

2. Variante B: Instationär-passive Kompensation von $-F_t(s) = -W_t$

2.1 Mitbewegung des Kompensators K in longitudinaler Richtung (Fig. 46)

Wirkung der neutralen Zone: PM-Kompensator-Feld mit kurzer Reichweite in der NZ verwenden → K-Einflussfeld = K-Fernfeld-Wirkung auf FM in UT.

2.2 U-Profil-Kompensator mit Rotation um $\alpha=90^\circ$ im 2. Takt

Bei diesem Prinzip wird die Richtung der Feldlinien eines Kompensator-Permanentmagneten (KM) relativ im Takt zur Richtung der Arbeits-Magnete (AM) genutzt (Fig. 47, 48).

Insbesondere wird der KM im 2. Takt = Arbeitshub, bzw. im 4. Takt = Leerhub, um $\alpha=90^\circ$ gedreht, so dass eine Differenz der Arbeit beim FM Öffnen (= Kompensation im 1. Takt) zu FM Schließen (= Rückstellung FM mit geringer FM-Arbeit) entsteht. Die Rotation des KM um $\alpha=90^\circ$ erfordert keine magn. Arbeit, wenn der FM eine magn. *isotrope* Stoff-Struktur besitzt ($W_{rot}=0$). Es entsteht geringe Arbeit bei Rotation des KM, wenn der FM eine *anisotrope* Stoff-Struktur besitzt, da der FM während der Drehung des KM im KM-Feld verbleibt und nicht transversal verschoben wird. Der FM hat ggf. eine magnetische Vorzugsrichtung im Stoff des FM = Kornorientierung bzw. Kristall-Anisotropie.

- Beachte:
1. Feld-Orientierung PM senkrecht zur FM-Bewegung (1. Takt)
 2. Korn-Orientierung des FM ggf. senkrecht zur FM-Bewegung
 3. Kristall-Anisotropie des FM (z.B. Fe-kubisch raumzentrierte Elementarzelle, oder Co-hexagonale Elementarzelle mit extrem verschiedener magnetischer Vorzugsrichtung (parallel zur Achse = leichte Richtung, oder senkrecht zur Achse = schwere Richtung), oder $Dy_2Fe_{14}B$, oder Spinell-Struktur bei Ferriten
 4. Magnetfeldinduzierte Anisotropien (Magnetfeldtemperung) = Option für FM

Funktion: 1. Takt: FM Öffnen mit Kompensation der Arbeit
 $\Sigma W_i = -W_{t(PM)} + W_{t(KM)} = 0$. (Fig. 47)
 2. Takt: Kompensator KM drehen um $\alpha = 90^\circ$, beachte
 ggf. FM-Kornorientierung/Kristall-Anisotropie (Fig. 48)
 3. Takt: FM fast ohne magn. Arbeit im PM-Fernfeld
 Schließen $-W_i \rightarrow 0$
 4. Takt: Kompensator um $\alpha = -90^\circ$ zurück drehen in
 Ausgangslage wie bei Takt 1

1. Takt FM Öffnen (Fig. 47)

AM Arbeits-Magnete

KM Kompensator-Magnete

MV Magnetische Vorzugsrichtung

MV↑ PM-Feldlinien AM

MV↑ FM-Kornorientierung

MV↑ FM-Kristallanisotropie

MV↑ FM-Magnetfeldinduzierte Anisotropie

α Rotations-/Schaltwinkel KM

Bem.: FM-Öffnung parallel zur Richtung der KM-Feldlinien bei
 KM-Grundstellung $\alpha = 0^\circ$.

2. Takt (Arbeitstakt) → Kompensator Rotation $\alpha = 90^\circ$ (Fig. 48)

→ neue Orientierung der KM-Feldlinien

→ kleine transversale Kraftwirkung

→ Differenz der Arbeit senkrecht zur parallelen FM-Bewegung im KM-Feld

Bem. zur Verschiebung der KM alternativ zur Rotation:

Bei Verschiebung der KM nach außerhalb der FM-Position entsteht

Arbeit, da dieser Vorgang einem FM-Öffnen gleich käme.

→ KM-Rotation um $\alpha = 90^\circ$: FM verläßt nicht den Wirkungsbereich der
 KM-Feldlinien → magn. Arbeit bei isotropem FM: $W_{rot} = 0$

3. Takt FM Schließen

FM-Schließbewegung senkrecht zu KM-Feldlinien (nach Drehung um
 $\alpha = 90^\circ$ im 2. Takt)

2.3 Bemerkung zur stationären / instationären Kompensator

Stationär longitudinal orientierter PM-Kompensator

Bei *stationär longitudinal* wirkendem PM-Kompensator bleibt der
 PM-Kompensator in der FM-Ebene bei OT.

→ Bei FM "Schließen" in UT erzeugt ein longitudinaler PM-Kompensator bei
nicht-deaktiviertem Feld eine *longitudinal abstoßende* Kraft (NZ steht *quer*
 dazu) und transversal anziehende Kraft $-F_t(s)$.

→ Kompensation bei OT FM-Öffnen und Verluste bei UT FM-Schließen.

Instationär transversal wirkender PM-Kompensator

Bei *instationär transversal* wirkendem PM-Kompensator wird dieser mit den
 Arbeits-PM's oszillierend mitbewegt in die jeweilige Magnet-Position, so dass im

3. Takt bei FM "Schließen" kaum transversale und longitudinale

Verlustkräfte ($-F_t(s) \rightarrow -W_t$ bzw. $-F_l(s) \rightarrow -W_l$) wirken können:

Das Kompensator-Einflußfeld auf den FM steht mit Richtung der neutralen Zone NZ in *longitudinaler* Richtung der PM-Bewegung.

Deshalb: Kompensatorfeld mit kurzer Reichweite und großer Kraft
(NZ = neutrale Zone).

Nachteil: Zusätzlich Magnet-Kolbenmasse → höheres Gewicht mit Verlust durch zusätzliche kinetische Energie.

3. Variante C: Bistabile Magnete (Schaltkerne)

Kompensationsfeld aktivieren/deaktivieren durch Stromimpuls auf magnetischem Schaltkern

- a) halbharte magnetische Werkstoffe
- b) Impulsmagnetisierung
- c) amorphe Legierungen mit Rechteckschleife

4. Variante D: Kompensation der Polschuhe (PS) in verschiedenen Takten

- 1. Takt: $+W_t(PS_{1,2}) = PS$ Schließen wird kompensiert durch $-W_t(PS_{1,2}) = PS$ Öffnen in 3. Takt → Kompensation im Zyklus ohne Trennung

Nahfeld-/Fernfeld-Wirkung wie beim FM, denn die 2 PS sind immer am jeweiligen PM lokalisiert (Fig. 49).

Die Variante mit 1 PS in der Symmetrieebene und Mitbewegung mit dem FM wird nachfolgend beschrieben (→ Wirkprinzip Polschuhe und Feldmodulator).

5. PS Longitudinalkraft-Kompensation

Konstruktion gegen zu starke Anziehung der PS's durch PM's.
Beispiel mit Kompensations-Magnet (KM) (Fig. 50):

Kompensations-Varianten

- a) Permanent-Magnet
- b) Elektromagnet mit verstärkendem Kern (mit Zusatzenergie)
- c) Federkraft

Die Kompensations-Kraft-Weg-Kennlinie muß dem PM bei Transversalbewegung der PS entsprechen (funktional angepaßte Kompensationsfeldstärke).

6. Prinzipien zur Transversalarbeit-Kompensation

6.1 Im Potentialfeld, serielle Kompensation (Fig. 51)

Reihenfolge bei FM Translation:

Arbeit $W = F \cdot s$:

Zuerst $+F \rightarrow +W_{11}$, dann $-F \rightarrow -W_{12} \rightarrow W_1 = 0$

= Kompensation seriell: $+W_{11}$ im Gleichgewicht mit $-W_{12}$

Potentialfeld W Weg 1 = W Weg 2

—— $\Sigma W_1 = +W_{11} - W_{12} = 0$ seriell

(- - - $\Sigma W_1 = +W_{11} - W_{12} = +W_1$)

6.2 Simultan-Kompensation $\alpha = 45^\circ$ (Fig. 52)

$+F_t \rightarrow$ und $-F_t$ immer gleichzeitig im Eingriff

$+F_t \rightarrow +W_{11}$ mit $-F_t \rightarrow -W_{12} \rightarrow W_1=0$

FM-Bewegung mit $\alpha=45^\circ$

$+W_{11}$ im Gleichgewicht mit $-W_{12}$

$\Sigma W_1 = +W_{11} - W_{12} = 0$ simultan

6.3. Auf Äquipotentialfläche (Fig. 53)

$+F_t=0 \rightarrow W_{11}=0, \quad -F_t=0 \rightarrow W_{12}=0 \quad \rightarrow W_1=0$

FM-Bewegung $\alpha=90^\circ$

$W_{11}=0, W_{12}=0, \Sigma W_1=0$

6.4. Im Potentialfeld simultan-Kompensation (Fig. 54)**6.4.1 Mechanische Kopplung zweier paralleler FM's**

Simultan FM1-FM2 $\rightarrow W_{11}-W_{12}$

Seriell $\Sigma W_{11} = +W_{111} - W_{112} = 0$

$\Sigma W_{12} = +W_{121} - W_{122} = 0$

6.5 Auf Äquipotentialfläche (Fig. 55)**6.5.1 Mechanische Kopplung zweier paralleler FM's**

FM-Bewegung senkrecht zum Feld

7. Transversal-PM-Kompensation

FM-Bewegung parallel zu den Feldlinien im Potentialfeld.

7.1. Zwei FM's in symmetrischer Anordnung (Fig. 56)

Ggf. mit luftspaltüberbrückender Polschuhen Richtung y

z-Achse = longitudinal / Normalrichtung

x-Achse = transversal / Tangentialrichtung

1. Gleichgewicht in z-Richtung

APM Arbeits-Permanent-Magnete = abstoßend $+z \rightarrow +F_z = +F_1$

FM Feldmodulator = anziehend $-z \rightarrow -F_z = -F_1$

G Gleichgewicht in z-Richtung = $+F_{IPM} - F_{IFM}$

2. Gleichgewicht in x-Richtung

FM₁ Feldmodulator = transversal anziehend $-x \rightarrow -F_{tFM1}$

FM₂ Feldmodulator = transversal anziehend $+x \rightarrow +F_{tFM2}$

KPM₁ FM₁-Kompensations-PM = abstoßend $+x \rightarrow +F_{tKPM1}$

KPM₂ FM₂-Kompensations-PM = abstoßend $-x \rightarrow -F_{tKPM2}$

G Gleichgewicht in x-Richtung $FM_1 = -F_{tFM} + F_{tKPM}$

Folgerung

In der Feldberechnung müssen alle 5 Komponenten im Gleichgewicht sein bei Pos. FM="Zu".

\rightarrow Symmetrisches Feld-System (Prinzip Makro-Supraleiter+Supertransistor)

7.2 Ein FM mit gekoppeltem PS (Fig. 57)

FM-Bewegung parallel zum PM-Feld.

1. Gleichgewicht in z-RichtungAPM Arbeits-Permanent-Magnet = abstoßend $+z \rightarrow +F_{zPM} = +F_{IPM}$ FM Feldmodulator = anziehend $-z \rightarrow -F_{zFM} = +F_{IFM}$ G Gleichgewicht in z-Richtung = $+F_{IPM} - F_{IFM} = 0$ **2. Gleichgewicht in x-Richtung**FM Feldmodulator = transversal abstoßend/anziehend $\pm x$ $\rightarrow \pm F_x = \pm F_t$ KPM FM-Kompensations-PM = abstoßend $+x \rightarrow +F_{xKPM} = +F_{IKPM}$ Bem.: $+F_x$ -Komponente = gewonnenen Arbeit $+W_{11}$ $-F_x$ -Komponente = zu kompensierende Arbeit $-W_{12}$ durch $+W_{12KPM}$.G Gleichgewicht in x-Richtung bezüglich $-W_{12}$ -Komponente:Die $+W_{11}$ -Komponente kann zu der Summe $\Sigma -W_{12}$ addiert

werden, dann ist das Gleichgewicht in der Arbeit mit Überschuß

 $\Sigma +W_{11} = +W_{11}(-W_{12} + W_{12KPM}) = > 0$ **Folgerung**

In der Feldberechnung müssen alle 4 Komponenten im Gleichgewicht sein bei Pos. FM = "Zu".

 \rightarrow Asymmetrisches Feld-System.Optimum bei Überschreiten des Gleichgewichts: Wir gewinnen Arbeit W_{11} .**7.3 KPM-FM-Anschluß**

Beachte: Magnetische Formanisotropie (Entmagnetisierungsfaktor N) im FM plus Kristall-Anisotropie im FM (Fig. 58).

8. Simultan-Kompensation W_t **8.1 Flach-PM mit versetzten Polschuhen (Fig. 59)**

FM-Bewegung parallel zum Magnetfeld.

Kompensation in zwei Bereichen

S-Pol wird je zu 1/2 versetzt zur Kompensation bei je 1/2 N-Pol genutzt.

$$\Sigma W_{-x} = +W_{11} - W_{12} = 0$$

$$\Sigma W_{+x} = +W_{11} - W_{12} = 0$$

OptionFeldvektor der KPM um 180° drehen, so daß die Induktionsamplituden =Flußdichteamplituden \hat{B} kovariant sind und nicht entgegengesetzt bzw. nichtidentisch sind \rightarrow in gleiche Richtung orientierte Kraft-Weg-Kennlinie, sonst

Asymmetrie bei der Momentan-Kompensation bei der FM-Bewegung.

8.2 Sandwich-PM mit versetzten Polschuhen (Fig. 60)

9. Inline-Kompensator

1. Quadrat-/Rechteck-Magnet-FM-System

1.1 Quadrat-/Rechteck-Magnet-System

Die weitere Erklärung erfolgt zunächst an einem Quadrat-/ oder Rechteck-Magneten, bei dem die Polflächen in longitudinale Richtung (z-Richtung) zeigen.

Diese Magnetform hat gegenüber dem runden Scheiben-Magneten den Vorteil, dass eine magnetische Vorzugsrichtung eingestellt werden kann, bei der sich der FM entweder parallel oder senkrecht zum Feld / Feldlinien bewegt. Somit schaltet/bewegt man den FM/PS im Potentialfeld (parallel zu den Feldlinien in x-Richtung) oder senkrecht dazu auf einer Äquipotentialfläche (in y-Richtung) – die Transversalkräfte sind dabei ganz verschieden. Gleiches gilt für den U-Profil-Magneten im Gegensatz zum runden Scheibenmagneten, bei dem die Feldlinien polar und nicht orthogonal orientiert sind.

1.2 Feldmodulator

1.2.1 FM hat eine optimierte Dicke, bei der Gleichgewicht zwischen den sich abstoßenden PM's entsteht, sodaß der Weg $2\text{ UT} \rightarrow \text{OT}$ bei geschlossenem FM ohne Arbeit W_{12} erfolgen kann.

Optimierungsprozeß

a) Wird das Gleichgewicht nicht genau eingestellt, z.B. so, daß die PM's in einem longitudinalen Abstand von ca. 1 mm vor dem FM vom FM bereits *angezogen* werden, so folgt, daß dieser Anziehungsbetrag dann bei FM "Auf" in der Bewegung $\text{OT} \rightarrow \text{UT}$ bei der *Abstoßung* als Betrag *fehlt* (= Minderung der Arbeit W_{11} auf Weg 1).

b) Andererseits hat diese Abstands-Einstellung des FM zur Folge, daß bei der transversalen Verschiebung des FM *parallel in Feldrichtung* auf relativ großer transversaler Strecke bis fast zum PM-Rand nahezu ein Gleichgewicht besteht: Kraft-Weg-Kennlinie erst positiv (Abstoßung), dann parallel zur x-Richtung (neutral), dann stark negativ. Deshalb kann der FM auf einer kleinen Wegstrecke am Rand des PM fast die gesamte Kraft schalten. Die Kraft-Weg-Kennlinie ist - bedingt durch den longitudinalen FM-Abstand - am PM-Rand stark asymmetrisch: die Arbeit W_{11} ist nicht im Gleichgewicht mit W_{12} .
Folge: Kippschalter-Effekt; je steiler die Kraft-Weg-Funktion am PM-Rand, um so besser die Nichtlinearität des Schalt-Effekts.
Dieser Kippschalt-Effekt ist nur bei rechteckigem Magneten vorhanden, bei rundem Magneten ist eine Sinusfunktion Teil der Schaltfunktion, da der FM über einen Kreisbogen und in Feldrichtung geöffnet/geschlossen wird.

c) Wird der FM-Abstand bis zum Gleichgewicht PM-FM-PM eingestellt, so besteht keine so starke Asymmetrie in der Kraft-Weg-Kennlinie des FM. Soll also kein expliziter Kipp-Effekt (= Kraftverstärker) genutzt werden, so muß die Asymmetrie der Kraft-Weg-Kennlinie, wie schon dargelegt, durch das Gleichgewicht-zwischen den Arbeits-Komponenten $\Sigma W_1 = +W_{11} - W_{12} = 0$ durch einen magnetischen transversal wirkenden Kompensator hergestellt werden.

1.2.2 Der FM darf transversal nicht zu weit in Richtung x verschoben werden. Es reicht die Verschiebung bis zum Wendepunkt der Kraft-Weg-Kennlinie: wenn diese wieder von negativen Werten auf null geht. Dieser Wendepunkt bestimmt auch die Abmessung des FM bei großem Streufeld, da bei kleinerem FM das äußere Streufeld *abstoßend* wirkt und diese Komponente soll ja gerade Null sein (der FM muß deshalb etwas dicker sein mit größerer Anziehung, um diese Komponente zu kompensieren, bzw. der FM muß außerdem die richtige Abmessung in transversaler Richtung aufweisen).

1.3 Polschuhe (PS)

Prinzip mit 2 Polschuhen

Die transversal beweglichen und longitudinal im Takt mitschwingenden Polschuhe (je PM 1 PS) bewirken eine Erhöhung der Kraft (Luftspaltüberbrückung) mit größerer longitudinaler Arbeit $W_{Ab} = W_{i1}$.

PS "Zu" wird mit PS "Auf" in der transversalen Arbeit kompensiert.

(Fig. 61 Haftkräfte, Fig. 62: Elastische PS, Fig. 63: Keil-Formschluß, Fig. 64: Konus-Formschluß)

Haftkräfte (Fig. 61)

Kraft F im Abstand h bei großer Distanz = Kraft-Weg-Funktion

$F_0(h) = 0$ mm = ebene Polfläche

$F_1(h)$ = Oberflächenkrümmung/-form

a) analytisch definierte Oberflächenform (45°, V-/W-Form, Kugel, etc.) zur Erhöhung des Traganteils

b) aufgrund des magnetischen Brechungsindex werden die Feldlinien bei geeigneter Oberflächenform in Normalenrichtung gestellt

$F_2(h)$ = Kornorientierung mit inhomogenem Feld erzeugt

Fokus, Flußkonzentration außerhalb der Polfläche

$F_3(h)$ = Hohe Haftkraft und Wirkung auf Distanz bei großem Abstand der Magnetpole (letztes Mittel: erhöht Eigengewicht des PM, reduziert H/G=Ratio V) Distanz: $h_0 = 0$ mm; $h_1 = 0,05 - 0,1$ mm; $h_2 = WP$

Wendepunkt; $h_3 = 1,0 D$;

$h_4 = 1,3 D$;

$h_5 = 1,5 D$

D = Durchmesser oder Diagonale des Magnet-Systems

Prinzip mit 1 Polschuh

Durch Anwendung der Kristallanisotropie und magnetischer Formanisotropie wird nur noch 1 PS benötigt, der zusammen mit dem FM und nicht mit den PM's gekoppelt ist.

2. U-/Sandwich-Magnet-System

2.1 Das U-/Sandwich-System hat folgende Vorteile

- So gut wie kein äußeres Streufeld, d.h. scharfe Feldabgrenzung, da Feld zwischen den Sandwich-Schenkeln wirkt, kaum äußere abstoßende Komponente.

- Kraft ca. Faktor 18 höher als offenes Magnet-System ohne Rückschluß

- U- bzw. Sandwich-Magnet hat ausgeprägte magnetische Vorzugsrichtung zwischen den Schenkeln = Flußplatten FP (Rückschluß).

Bei Verschiebung des FM nicht in Feldrichtung, sondern senkrecht dazu, d.h. in U-/Sandwich-Profil-Richtung geht die Verschiebungs-Kraft gegen Null.

Es gibt am PM-Rand keinen Schalteffekt wie bei der Verschiebung in Richtung der magnetischen Vorzugsrichtung (Rand der Stromschleife).

2.2 System-Design

Der FM wird dünner und in der Länge kürzer, da ein äußeres Streufeld nur schwach vorhanden ist (wird durch die Flußplatten (FP) als Rückschluß so gut wie verhindert).

Der FM wird so angepaßt, daß der longitudinale Gleichgewichtszustand bei PM-FM-PM (mit $E=0$ als Energielücke) hergestellt wird.
Es besteht eine Kraft-Fehl-Komponente im Luftspalt zwischen FM und PM, siehe Kraft-Weg-Kennlinie.

Das Gleichgewicht im Hub $-h_1$ (UT→OT), d.h. weder positive noch negative Kraftkomponente kurz vor dem PM, ist auch deshalb wichtig, weil die Kraft zur Erzeugung der Arbeit maximiert werden muss, um diese über den Pleuellängen-Variator bei 90° KW bei maximalem Hebelarm einleiten zu können.

→ Arbeit und Energiebilanz FKM, Gleichraumprozess (p-,V-Diagramm)

→ Weg UT→OT ohne Krafterhöhung/Krafterniedrigung

Sandwich-Aufbau: FP-PM-FP-PM-FP-PM-FP, quadratisches oder rechteckiges System

3. Inline-FM-Kompensator

3.1 Ausgangsbedingungen

1. Gleichgewichts-Strecke in der transversalen FM-Kraft-Weg-Kennlinie mit großer Asymmetrie/Nichtlinearität am PM-Rand mit FM-Kipp-/Schalt-Effekt
Deshalb kann der FKG auch als Kraftverstärker verwendet werden.
Folge: Anziehung der PMs schon vor dem FM im 4. Takt.

2. Gleichgewicht bei den PM's mit dem FM in OT.
Folge: transversale Kraft-Weg-Kennlinie schneidet die transversale Achse in großem Winkel → kein Gleichgewicht bei transversaler Bewegung des FM.

3. Es wird Gleichgewicht bei den PM's im 4. Takt bis zum Luftspaltabstand PM-FM und Gleichgewicht bei der transversalen FM-Bewegung eingestellt.

1. Lösung: Flächenrand-Variation

1. Die transversale Kraft-Weg-Kennlinie wird als Anti-Transversalkraft-Funktion in den PM-Flächenrand übertragen (= positive Arbeits-Fläche durch negative PM-Flächendifferenz und negative Arbeits-Fläche durch positive PM-Flächendifferenz kompensiert $F=B^2 \cdot A/2\mu_0$).

Folge: Die induzierte Kraft im FM ändert sich in transversaler Richtung mit der sich ändernden Fläche = dem Rand des PM bei transversaler Bewegung des FM so, dass die Gesamtarbeit W_{1zu} über das Gleichgewicht zwischen den Komponenten W_{t11} und W_{t12} kompensiert wird.

2. Lösung: Kraftverstärker

2. wie 1, jedoch zusätzlich mit sehr steilem Kraftanstieg auf sehr kurzem Weg *nur am Rand* des PM bei Auf-Zu-Stellung des FM → sehr schnelle, nichtlineare Auf-Zu-Oszillation des FM möglich.

Folge: Nichtlineare Schaltfunktion *trotz Gleichgewicht auf großer Strecke entlang des transversalen Weges* beim Öffnen des FM.

4. Ergebnis: Der PM-Rand als Anti-Transversalkraft-Funktion bestimmt die transversale Kraft-Weg-Kennlinie des FM (Kompensation ggf. mit Integration einer nichtlinearen Schalt-Funktion).

3.2 FM-Bewegung

a) FM-Bewegung *parallel* zur magn. Vorzugsrichtung.

b) FM-Bewegung *senkrecht* zur magn. Vorzugsrichtung.

3.3 PM-Sandwich-System (= M-Zelle → "Power-Cell")

Mit anisotroper magn. Vorzugsrichtung im FM (Fig. 65)

Sandwich-System "Power-Cell" (Fig. 65)

$F = (B^2/2\mu_0) \cdot A$; beachte B_2 am Arbeitspunkt A_3

MV magnetische Vorzugsrichtung

FM Feldmodulator

PM Permanent-Magnet

AM Arbeits-Magnet-system

FP Flußplatten

Dicke $s_{FP} = 1s$ bei 1 Pol

$s_{FP} = 2s$ bei 2 Pole

Hub $h_1 = 10,0 \cdot 1,3 \cdot \sqrt{2} = 18,3 \rightarrow h_1 = 20 \text{ mm}$

Option: anisotroper FM (kornorientiert, Kristallanisotropie, Magnetfeld-Temperung, etc.) = magnetische Vorzugsrichtung im FM-Stoff

---- Feldlinien, wenn FM in Kontakt oder ganz nahe $\ll h_1$

--- zusätzliche Feldlinien bei FM-Abstand h_1

G Grenzfläche, Abstand $d = 0,05 \text{ mm}$

Alternative Anti-Transversalkraft-Funktion: $F = f(B^2) \cdot A/2\mu_0$ statt
Flächendifferenz am PM-Rand, B-Variation und/oder μ_r -Streifen in FPs

3.4 Inline-Kompensator-Varianten

Differenzielle Variation von $(A, \mu_a, \hat{H}_a) \rightarrow f(F_l, t)$ mit Verstärkung oder Abschwächung.

3.4.1 → Anti-Transversalkraft-Kompensator Prinzipien (Fig. 66. 1-3))

Longitudinale Kraft F_l senkrecht zur Fläche hat im Feld auch transversale Kraftkomponente F_t , die die Kompensation bewirken soll.

$$F_l = (B^2/2\mu_0) \cdot A$$

Nachfolgende Prinzipien können kumuliert werden; sie sind parallel und/oder senkrecht zur magn. Vorzugsrichtung der PM's anwendbar.

1. Flächen-Funktion $f(A) \rightarrow$ Variation der Austrittsfläche (Fig. 66.1 a, b)

$$F_I = f(A) \cdot K_1$$

$$K_1 \quad \text{Konstante} = B^2/2\mu_0$$

$$A = \int a \Delta s; \quad a = f(s)$$

$$B = \Phi/A = \text{magn. Fluß/Fläche}$$

2. Permeabilitäts-Funktion $f(\mu_a) \rightarrow$ Amplitudenpermeabilität variieren (Fig. 66.2)

$$F_I = (f(\mu_a) \cdot K_3)^2 \cdot K_2 = B^2 \cdot A/2\mu_0$$

$$K_2 \quad \text{Konstante} = A/2\mu_0$$

$$K_3 \quad \text{Konstante} \mu_0 \cdot H_a$$

$$\mu \quad \text{absolute Permeabilität } \mu = B/H$$

$$\mu_r \quad \text{relative Permeabilität} = \text{Permeabilitätszahl Stoff} = \mu_r = \mu/\mu_0,$$

$$(\mu_r \rightarrow \mu_a)$$

$$\mu_a \quad \text{Amplitudenpermeabilität } \mu_a \text{ am Arbeitspunkt } A_3 \text{ bei einer bestimmten Aussteuerung } \mu_a = (\hat{B}/\hat{H}) \cdot 1/\mu_0$$

Differenzielle Werte ($\rightarrow 0$) im Austausch zu Differenz-Werte (endliche Werte im Computer)

$B d_I \rightarrow B \Delta s$ differenzielles bzw. Differenz-Flußdichtestück

$\mu_a d_I \rightarrow \mu_a \Delta s$ differenzielles bzw. Differenz-Amplitudenpermeabilitäts-Stück

Änderung von μ_a am Arbeitspunkt A_3 entlang des Weges $s \rightarrow$ Änderungen des Stoffes mit anderer Leitfähigkeit μ_a an A_3

3. PM-Feldstärke-Funktion $f(\hat{H}_a) \rightarrow$ Feldstärkeamplitude variieren (Fig. 66.3)

PM Spule mit Funktion $\hat{H}_a(s)$

$$F_I = (f(\hat{H}_a) \cdot K_4)^2 \cdot K_2$$

$$K_2 \quad \text{Konstante } A/2\mu_0$$

$$\hat{B} \quad \text{Amplitudenflußdichte}$$

$$\hat{H}_a \quad \text{Amplitudenfeldstärke äußeres Spulenfeld (PM-Feld)}$$

$$K_4 \quad \text{Konstante } \mu_a \cdot \mu_0 = \text{konstanter Stoff-Arbeitspunkt}$$

$$I \cdot d_I \rightarrow I \cdot \Delta s \quad \text{differenzielles bzw. Differenz-Stromleiter-Stück}$$

$$\hat{H}_a d_I \rightarrow \hat{H}_a \Delta I \quad \text{differenzielles bzw. Differenz-Feldstärkeamplituden-Stück}$$

3.4.2 Beispiele mit Scheiben-PM (Fig. 67)

Variation von \hat{H}_a (einer Spule) oder \hat{B} (eines PM), Fläche $A'(PS)$, Amplitudenpermeabilität (magn. Amplitudenleitfähigkeit) μ_a und von Polschuhstoff $S(PS)$

$\rightarrow f(K) = \text{Kompensationsfunktion.}$

$$\Delta s(FM) = f(\hat{B})$$

3.4.3 Rekuperation \rightarrow kinetische Kompensation

Energie-Rückgewinnung: Bewegungsenergie (kin. Energie) wird beim Bremsen oder "äußerer" Energiezufuhr im FM-Kreis zurückgewonnen (Fig. 68).

+W Beschleunigung FM durch äußere Energiezufuhr

-W Bremsen des FM

Außer potentieller Energie $[+W - (-W) \rightarrow 0]$ wird kinetische Energie im FM-Antrieb umgesetzt.

3.4.4 Beispiele mit Sandwich-System

3.4.4.1 FM-Bewegung *senkrecht* zu den Feldlinien (Fig. 69)

→ Kompensation senkrecht zu den Feldlinien/Kraftfeld (y-Richtung)

s Weg

A Fläche $f(A)$ Flächenfunktion

a Breite $a=f(s)$

μ_a Amplitudenpermeabilität am Arbeitspunkt A_3 bei Stoff S

$\mu_a=f(s) \rightarrow$ Stoff-Anisotropie

\hat{H}_a Feldstärkeamplitude äußeres Feld der Spule bzw. des PM (\hat{B}) entlang des Weges s $\rightarrow \hat{H}_a=f(s)$

\hat{B} Amplitudenflußdichte, beachte B_2 =Arbeitspunkt A_3

MV magnetische Vorzugsrichtung (Feld-Vorzugsrichtung)

F_l longitudinale Kraft (in Normalrichtung = F_n)

F_t transversale Kraft (in Tangentialrichtung = F_t) hier senkrecht zur Kraftfeld-Vorzugsrichtung bzw. B

$F_l=f(B_l, A), \quad F_t=f(B_t, A)$

3.4.4.2 FM-Bewegung *parallel* zu den Feldlinien (Fig. 70)

→ Kompensation *parallel* zu den Feldlinien/Kraftfeld (x-Richtung)

Variation:

ΔA Änderung der Austrittsfläche

$\Delta \mu_a$ Änderung der Amplitudenpermeabilität in FP

$\Delta \hat{H}_a$ Änderung der Feldstärkeamplitude äußeres Feld der Spule / PM (\hat{B})

MV magnetische Vorzugsrichtung

$I \cdot dl \rightarrow I \cdot ds$ differenzielles Stromleiter (PM)-Stück erzeugt Feld dH bzw. ΔH , dB bzw. ΔB durch den Stoff.

Dieses Feld kann in Komponenten parallel und senkrecht zur Achse zerlegt werden \rightarrow Biot-Savart-Gesetz.

3.4.5 Transversalkraft-Kompensation durch PM-Zellen-Anordnung (Fig. 71)

1. Basis-PM-System (Zelle = Sandwich oder U-Profil)

B Feldlinie, magnetische Flußdichte

$B=\Phi/A$ =magn. Fluß/Fläche

Φ Gesamtzahl magn. Feldlinien des PM oder der Spule

3.4.6 Erzeugung anisotropes Magnetfeld (Fig. 72)

MV magn. Vorzugsrichtung: ovale Zylinderspule mit Abschirmung

7. Flussleit-Wirkprinzip Polschuhe (PS) und Feldmodulator (FM)

Die Polschuhe haben die Aufgabe den Luftspalt, der durch das Herausziehen des Feldmodulators entsteht, zu überbrücken, um dadurch die magnetische Kraft

a) zwischen 2 Polschuhen, je einer gekoppelt am PM, oder

b) mittels 1 Polschuh, gekoppelt mit dem FM

wesentlich zu erhöhen.

1. Polschuhe mit ferromagnetisch *isotropem* Stoff

Nachfolgend sind 3 Magnetfluß-Modelle dargestellt (Fig. 73)

a) Ferromagnetische Scheibe mit Spule (= 1 Körper)

→ Magnetisierung durch die Spule wird als magnetische Feldenergie an die Enden der Scheibe transportiert (Entmagnetisierungsfaktor $N \rightarrow 0$) und dort entstehen Magnetpole.

b) Magnet in *Kontakt* mit 2 ferromagnetischen Scheiben (PS)

(= 1 Körper mit 3 Zonen)

→ Magnetisierung durch den Magneten wird als magnetische Feldenergie über die Kontaktflächen/Grenzflächen (G) an die Enden der Scheiben nur bei $N \rightarrow 0$ transportiert; bei dünnen Scheiben mit $N \rightarrow 1$ tritt das Feld tangential aus der PS-Scheibe.

c) Magnet mit *Luftspalt* zwischen zwei ferromagnetischen Scheiben (PS)

(= 3 Körper)

→ Magnetisierung durch den Magneten wird als magnetische Energie nicht an die Enden der Scheiben (PS) transportiert, da diese - wegen des Luftspaltes d (Grenzfläche) und $N \rightarrow 1$ - wie Abschirmungen und nicht wie Leiter wirken. (beachte magnetischen Berechnungsindex)

2. Polschuhe mit anisotropem Stoff (magnetische Vorzugsrichtung (MV)

Um den magnetischen Fluß im PS primär *nur axial* leiten und um das tangential austretende Streufeld reduzieren zu können, kann außer der Steuerung des Entmagnetisierungsfaktors anisotropes Material verwendet werden.

Die magnetische Anisotropie kann in verschiedenen Arten genutzt werden, hier zwei Fälle:

1. Kristallanisotropie (Orientierungsabhängigkeit der Polarisation in Bezug auf die Kristallachse)
2. Magnetfeldinduzierte uniaxiale Anisotropien K_u
3. Spannungsinduzierte Anisotropien

Kristallanisotropie bei PS

Die Anisotropiefeldstärke H_A ist die Feldstärke, um die Magnetisierung aus der leichten Vorzugsrichtung in die Richtung der schwersten Magnetisierbarkeit zu drehen.

Bei der Auswahl des anisotrop wirkenden Stoffes und bei der Berechnung muß darauf geachtet werden, dass die tangentiale Flußdichte-Komponente von der Feldstärke abhängt; ab einer bestimmten Feldstärke sind axiale und radiale Komponente gleich groß. In den genannten Fällen entstehen Polschuh-Scheiben, in denen der magnetische Fluß (MV) in der axialen Richtung der PS-Scheibe bevorzugt verläuft und quer dazu ist die PS-Scheibe schwer magnetisierbar mit der Folge, dass auch der tangentiale Streufluß minimiert wird.

Anisotrope PS Grenzfläche /-Luftspalt (Fig. 74)**Kombination Anisotropie mit Entmagnetisierungsfaktor**

Aufgrund der zuvor geschilderten Funktionsweise kann die richtungsabhängige Anisotropie-Leitfähigkeit und der Entmagnetisierungsfaktor N kumulativ bei der Konstruktion des PS und FM als Feldmodulator-Schalter genutzt werden

Feldmodulator-Schalter (Fig. 75)

Schalten: Fluß Longitudinal/axial von $\Phi_{\text{max}} \rightarrow \Phi=0$

Kristallanisotropie etc. und/oder magn. Formanisotropie

Beispiel: a) Cobalt-Kristall (anisotrop)

Co-Hexagonal-Elementarzelle

a und c : Gitterkonstanten

μ richtungsabhängige Permeabilität

$\rightarrow \mu_x, \mu_y$

$\rightarrow \mu_z$

b) isotrop CoFe $N \rightarrow 0/N \rightarrow 1$

c) Magnetische Formanisotropie N Richtungs- und ortsabhängiger Entmagnetisierungsfaktor

Aussteuerung mit Werte im "Knick" Arbeitspunkt A_3 mit B_2, H_{A2}

Bem.: Co hat größere Differenz in der Magnetisierung zwischen den Achsen als Fe bzw. Ni.

3. Entmagnetisierungsfaktor und Luftspalteinfluß**3.1 Entmagnetisierungsfaktor N**

Ein langer Stab läßt sich leichter in Längsrichtung ($N=0$) magnetisieren als quer dazu ($N=0,5$), eine Platte leichter tangential ($N=0$) als senkrecht zur Plattenebene ($N=1$). \rightarrow Magnetische Formanisotropie.

Folge für die Konstruktion des Polschuhs:

Der PS ist nicht eine Platte aus einem Stück, sondern muß:

Lösung 1: Aus vielen "langen" und dünnen quadratischen Stäben in dichter Gitterpackung zusammengesetzt sein (wie ein Schachbrett-Muster); die Länge des Stabes entspricht der Dicke des Polschuhs, die Querschnittsabmessung des Stabes ist so zu wählen, daß in Längsrichtung des Stabes $N \rightarrow 0$ geht.
Vorteil: Reduktion der Wirbelströme auf Stäbchen-Wirbelströme, wenn diese durch eine Dielektrische Schicht isoliert sind.

Lösung 2: Viele parallele axiale Streifen (Zeilen).

Lösung 3: Scheibe von Bandkern abgeschnitten, Band aus dünner Folie mit entsprechend anisotropem Stoff hergestellt.

3.2 Scherung

Die Scherung beschreibt den Zusammenhang zwischen Entmagnetisierungsfaktor N , Luftspatllänge $l_L = d$ und der mittleren Stoffweglänge l_S .

Magnetische Kennlinien sind scherungsabhängig: Hystereseschleife, Neukurve, alle Permeabilitätsgrößen, Remanenz und Scheinleistung, Koerzitivfeldstärke, Sättigungspolarisation und Verluste (auf konstante Induktion bezogen).

\rightarrow Konstruktion der Scherungslinie mit $H_N = N \times M = N \times J / \mu_0$.

4. Feldmodulator FM: Entmagnetisierung $N \rightarrow$ Magnetisierung M - Schalter

Wenn man den FM als dünne Platte einsetzt, so erfolgt durch die magnetische Formanisotropie mit Entmagnetisierung $N \rightarrow 1$ senkrecht zur Plattenebene und $N \rightarrow 0$ in Plattenebene ein Abschirmeffekt zwischen den Permanentmagneten.

Option: FM aus *vielen dünnen* parallelen Platten aufgebaut \rightarrow Verstärkung der Abschirmwirkung plus Anti-Wirbelstrom-Wirkung.

Umgekehrt bewirkt eine FM-Struktur aus vielen dünnen Blechen in *axialer* Richtung (Blechung) mit $N \rightarrow 0$ eine axiale Leitung des Magnetfeldes.

In diesen Blechen kann eine Kristallanisotropie in axialer Blechrichtung die Leitwirkung erhöhen, so dass das tangentielle Streufeld minimiert wird.

Der Feldmodulator schaltet, je nach Blechungsrichtung, zwischen Sperren $N \rightarrow 1$ und Durchlass = Leiten $N \rightarrow 0$ als magn. Formanisotropie- und Kristallanisotropie-Schalter.

Die Folge für die FKG-Konstruktion ist: Statt zwei Polschuhe (je PM einer) kann von einem sperrenden FM zu einem leitenden FM geschaltet werden - bedingt durch den Wechsel des magnetischen Formanisotropie-Wertes in axialer Richtung von $N \rightarrow 1 \rightarrow 0$ sowie der Kristall-Anisotropie etc..

Zustände im Kanal (Fig. 76)

Formanisotropie-Ersatzmodell (Fig. 77)

Elektrische Isolierschicht SiO_2

Magnetische Isolierschicht CoO

Achsverhältnis der Platten

$a/b \gg 1$ für axial magnetisierten Stab $N \rightarrow 0$

$a/b \ll 1$ für magnetisierung senkrecht zu Plattenebene (dünne Platte) $N \rightarrow 1$

$a/b = 1$ Kugel oder Würfel $N = 1/3$

Beispiel $a = 0,5 \text{ mm}$ $b = 0,05 \text{ mm}$ $a/b = 10$ $\rightarrow N = 0,02$

$H_e = -N \cdot M$ Für beliebige Magnetisierungsrichtungen verallgemeinert und vektoriell niedergeschrieben $\rightarrow N$ wäre ein Tensor, der die Vektoren M und H miteinander verknüpft.

Formanisotropie-Fälle

(Als Ersatzmodell für Kristall-, Magnetfeldinduzierte und Spannungs-Anisotropie ist die Formanisotropie verwendbar)

1. FM/PS-Bewegung *senkrecht* zum Feld (Fig. 78)

2. FM/PS-Bewegung *parallel* zum Feld (Fig. 79)

Die Polschuhe können wie im Prinzip einer Vielkanalplatte konstruiert sein. Das Verhältnis Länge zu Breite der magn. Formanisotropie (= Länge-zu-Breite-Quotient) kann im Bereich 40-100 liegen (vgl. Rotationsellipsoid). Die PS-Platten können als „single“, „chevron“ oder als Z-stack ausgebildet werden.

Wirksamkeit des PS und FM

Für die Wirksamkeit des PS und FM ist es notwendig, dass diese Bauteile in einem über die Eintrittsfläche konstanten Magnetfeld mit der konstanten Amplitudenfeldstärke \hat{H}_{a2} mit B_2 am Arbeitspunkt A_3 betrieben werden.

An diesem Arbeitspunkt ist die größte Leitfähigkeit $\mu_{r \max}$ des ausgewählten Stoffes vorhanden. Schalter $S \rightarrow$ Schaltzustände = FM-Kippstufe

8. Flussmodulation-/ Flussverstärkung**Ferromagnetischer Stoff im magnetischen Feld (Fig. 80)****1. Magnetisierungskurve ($B \times H$)**

Magn. Fluß $\Phi = B \cdot A$ (Fluß Φ entspricht magnetischer Strom I_m).

Magn. Spannung $\Theta = H \cdot l$ (elektr. Durchflutung $\Theta =$ magn.

Spannung U_m).

Arbeitspunkt A bzw. A_3 ($B \cdot H$) $_{\max}$ für weichmagn. Stoffe S (bei Transistor mit H-Feld quer zum Kanal).

2. Verlauf der Permeabilitätszahl μ_r

Magn. Leitfähigkeit $\mu = \mu_0 \mu_r$, μ_a Permeabilitätsamplitude;

gilt sinngemäß für ferroelektrische Stoffe (haben eine Hysterese) im elektrischen Feld mit:

a) Elektrisierungskurve ($D \times E$)

b) Verlauf der Permittivitätszahl ϵ_r

Ferromagnetischer Stoff als Schalter S Verstärker (Fig. 81, 82)

\rightarrow Schaltzustände = FM-Kippstufe

Parameter

M Magnetisierung (Erregung/Aufmagnetisierung) [A/cm]

B magn. Flußdichte, B_s bei Sättigung [T]

H_a äußeres Spulenfeld, magn. Feldstärke [A/cm]

μ_0 magn. Feldkonstante $1,256 \cdot 10^{-4}$ Tcm/A

μ_a Amplitudenpermeabilität

$$B = \mu_0 (H_a + M)$$

$$M = B / \mu_0 - H_a$$

$$\mu_a = 1 / \mu_0 \cdot \hat{B} / \hat{H}, B, \hat{H} \text{ Amplitudenwerte}$$

Modulationsarten**1. Leitfähigkeitsmodulation**

Die Leitfähigkeit kann auf verschiedene Weise geändert werden:

a) Temperaturänderung (Ferromagnetismus \rightarrow Paramagnetismus)

b) Änderung der Magnetisierungsträger-Konzentration im M-Halbleiter

c) Schalten zwischen FM im Kanal $\mu_r = \max$ (Fluß = nicht leitend im Kanal S-D \rightarrow "Zu" = Gleichgewicht zwischen den PM's) nach FM außerhalb des Kanals, d.h. Luft/Vakuum im Kanal $\mu_r \geq 1$ (Fluß im Kanal S-D \rightarrow "Auf" = Abstoßung der PM's).

2. Querschnittsmodulation

Ein Magnetisches Feld quer zum PM-Fluß-Kanal steuert den magnetischen Fluß/Strom zwischen Source und Drain.

M-Feldmodulator-Design

1. Stationärer FM

Zur optimalen Auslegung des Feldmodulators sollte bei der stationären Variante die magnetische Vorzugsachse (= Anisotropie-Achse) des FM in transversaler Richtung wirken und dabei die Flußdichte B konstant sein, d.h. es ändert sich ggf. die Querschnittsfläche A am Ort mit $A_d(x,y,z)$ bzw. $A_\Delta(x,y,z)$. Dadurch ist gewährleistet, dass der FM im leitenden Zustand "Auf" bei Punkt A_3 immer bei B_2 mit H_{a2} betrieben wird, also bei optimaler Wirkung mit max. Leitfähigkeit in transversaler Richtung.

Magnetische Halbleiterbauelemente, (Magnetronik): M-Bipolar-Transistor M-BT und M-Feldeffekt-Transistor M-FET. Die Auf-Zu-Schaltung kann beim M-FET nur durch ein Quer-Feld, ohne kinematische Verschiebung des FM, vorgenommen werden.

2. Kinematischer FM

Beim kinematischen FM ist es sinnvoll in der Bewegungsrichtung eine geringe Leitfähigkeit (wegen Anziehung durch die PM's) und senkrecht dazu (bei anisotropem Feld) die hohe Leitfähigkeit und konstante Flußdichte zu haben (abgesehen von der Kompensationsfunktion), so dass auch hier die Funktion des FM in allen Bereichen beim Arbeitspunkt A_3 / Punkt B_2 liegt.

Feldmodulator als M-Transistor Schalter

M-Transistoren als Schalter haben zwei Schaltzustände: Sie arbeiten in der *magn. Sättigung* (magn. *leitend* Arbeitspunkt A_3 = "Ein" ($B_2=B_{opt}$ bei H_{a2} und μ_{max}) oder sind *gesperrt* (magn. *nichtleitend* = magnetisch transparent ($\mu_r=1$) Punkt A_1 = "Aus" ($B_5 = B_{max}$ bei $H_{a5} = H_{amax}$), (beachte Sättigungsbereich = Übersteuerung Bereich B_0 bei H_{a0} bis B_3 bei H_{a3} , Beginn Ü-Bereich = Sättigungsanfang bei Punkt A_2 auf der Arbeitsgerade.

Feldmodulator als M-Transistor Verstärker

Ein kleiner magn. Basisstrom/-fluß Φ_B verursacht beim M-Transistor einen großen magn. Kollektorstrom/-fluß Φ_C . Dies nennt man Magnetstrom/-fluß-Verstärkung (V_Φ). Ein M-Transistor kann auch als magnetischer Spannungsverstärker (V_e) und Leistungsverstärker (V_P) betrieben werden.

FM-Steuerung "Auf/Zu" durch magn. Hilfsfeld

Bei entsprechender Werkstoffwahl (S) und Feldstärkeamplitude H_{a2} Induktionsamplitude B_2 mit μ_{max} am Arbeitspunkt A_3 mit maximaler Verstärkung der Magnetisierung M , wirkt das steuernde Hilfsfeld H_{a2} maximal und mit kleinstem Energieaufwand, so dass der FM noch dünner werden kann als die passive FM-Variante (ohne aktives Hilfsfeld).

Feldvektoren / Flussvariation / Feldrichtung

Bei einem *polaren* Feld, wie es durch einen *runden* Scheibenmagneten entsteht, sind alle Feldlinien am Umkehrpunkt des Feldes (Mittelpunkt) in radialer Richtung orientiert, so dass die transversale Verschiebung des FM durch dieses inhomogene, in jeder Richtung gleiche Feld, bezüglich der

aufzuwendenden Kraft beeinflusst wird: Es entsteht eine Zug- und nach Überschreiten des PM-Mittelpunktes eine Druck-Kraft auf den FM, und zwar unabhg davon, von welcher tangentialen Richtung der FM zum Mittelpunkt bewegt wird.

Bei einem U-Profil-Magneten oder Sandwich-PM ist das nicht so, denn das Feld ist *nicht polar* orientiert, sondern in x-/y-Achse verschieden: Wird der FM *parallel* zu den Feldvektoren verschoben, also zwischen den U-Schenkeln, so besteht das o.g. Problem. Wird der FM senkrecht dazu, also in U-Profil-Richtung, verschoben, so schneidet der FM die Feldvektoren und die Kraft muss eine andere sein (→ **Vergleich Magnet-Systeme Fig. 83**).

Die Komponentenzerlegung der Feldlinie/Feldstärke/Flußdichte/Kraft des Vektorpotentials erfolgt in B_r , B_θ mit Polarwinkel (Fig. 84). Bei einem U- oder Sandwich-Magneten erfolgt die Komponentenzerlegung im orthogonalen Koordinatensystem entlang der Achse y .

Bem: Die Feldlinie ist im Vakuum gezeichnet. Bei Stoff im Feld wirkt der Maxwell'sche Spannungs-Tensor an der Oberfläche in Punkt P (magn. Brechungsindex, die Feldlinie wird zum Lot hin gebrochen). Durch die Abweichung vom Lot auf die Stoff-Fläche (FM) ergeben sich Tangentialkräfte. FM-Materialgrenze = μ -Sprung.

Achtung: Kompensationsfeld wirkt auch in longitudinaler Hubrichtung h_1 , beachte neutrale Zone NZ.
Lösung auch mit Induktionsspule möglich.

Vorgang:	1. Takt:	Feld H_a anschalten bei FM Öffnen (bei OT) → Kompensation
		Feld H_a nach FM Öffnen abschalten
	3. Takt	Bei FM Schließen (bei UT) kein Einflußfeld H_a = ungestörtes Gleichgewicht PM-FM-PM Spule ggf. mit Energie-Rückgewinnung bei FM "Schließen" in 3. Takt

9. Feldverstärkung am Arbeitspunkt A₃

Kennlinie für Verstärkungsfaktor (Fig. 85)

A₃	Arbeitspunkt $-(B \cdot H)_{\max}$ (negative Energie) = maximales Energieprodukt = Gütekennzeichen für weichmagnetische Stoffe.
S	Magnetisierungskurve Stoff
W	Wendepunkt
W₁	W Anfang
W₂	Tangente μ_a max an B-H_a-Kennlinie
W₃	Ende

Zylinderspule (Fig. 86)

N	Spulenlänge = l_m = mittlere Feldlinienlänge
N	Windungszahl
I	Stromstärke
r	mittlerer Spulenradius

H_a äußeres Spulenfeld

H Spulenmitte ($x=l/2$)

$$H=(N/l) \cdot l \cdot l / \sqrt{4r^2 + l^2} \quad \rightarrow \text{Optimum finden } l / \sqrt{4r^2 + l^2}$$

H Spulenende

5 $H=0,5 \cdot (N/l) \cdot l \cdot l / \sqrt{4r^2 + l^2} \quad \rightarrow \text{Optimum finden } l / \sqrt{4r^2 + l^2}$

Kern K verstärkt äußeres Spulenfeld H_{aS} \rightarrow sehr geringer Energieeinsatz mit Strom I bei H_{aS} wegen V äquivalent bei äußerem PM-Feld H_{aPM} .

$$|H_{aS}| = |H_{aPM}|$$

10 \rightarrow Geringer Strom I neutralisiert starkes PM-Feld H_{aPM} bzw. auch Wirbelstromfeld bei vergleichbar kleiner Spule und kleinem Strom (\rightarrow Kompensator)

Beachte n-Stufen Verstärkung

- 15
1. Stufe Spulenkern mit μ_a (?)
 2. Stufe Polschuhe mit μ_a (z.B. CoFe)
 3. Stufe Konzentrator

20 Spezifisches Leitfähigkeits-Eigengewicht Spulenwicklung: Al bei oszillierenden/sich bewegenden Spulen Cu bei ruhenden Spulen wegen spezifischem Verhältnis Leitfähigkeit-Eigengewicht

Leitfähigkeit ρ_{20} , Dichte ρ

Al $\rho_{20}=0,02825$, Dichte $\rho=2,7 \text{ kg/dm}^3$

25 Cu $\rho_{20}=0,01754$, Dichte $\rho=8,96 \text{ kg/dm}^3$

Dichteverhältnis

$$V_p=9,96/2,7=3,32$$

Spezifisches Verhältnis Leitfähigkeit-Eigengewicht V

$$\text{Cu } 0,01754 \cdot 3,32=0,0582328 \gg \text{Al } \rho_{20} 0,02825$$

30 \rightarrow Verhältnis $V=0,0582328/0,02825$
 $V=2,0613$

Permanentmagnet mit verstärkendem Kern und Hülle (Fig. 87)

35 Hystereseschleifenform für weich- und hartmagnetische Stoffe (Fig. 88)

Verstärker-Kaskade (Fig. 89, 90, 91)

Pos. Bezeichnung/Funktion

- 40
1. Permanentmagnet (PM), Permanetelektret (PE) Supraleitermagnet (SM) Option: Ring-PM mit Verstärker-Mantel innen/außen oder
 2. Spule mit verstärkendem Kern (H_{a2} , B_2), Bandkern, oder
 3. Spule ohne Kern mit Feldstärkeamplitude H_a .
 - 45
 4. Divergenz/Dizentration/Divergator bei N-Pol = starkes Feld verdünnen
Gegeben: $B_{PM} \cdot A$, Prozeß: statt Feldkonzentration \rightarrow Felddizentration
Flußdichte $B \cdot A$ reduzieren von Fläche $\langle A \rightarrow \rangle A'$
mit $B_{PM}(A) \rightarrow B'_{PM}(A')$ (äquivalent Spulenfeld H_a), d.h.
50 von $H_{aPM} \rightarrow H'_{a2PM}$, passend zur B-Ha-Kennlinie des Werkstoffs mit
 $S(\mu_a)$ = Verschiebung von $\rangle H_a, \rangle B_2 \rightarrow \langle H_{a2}, \langle B_2$.
Die Feldstärkeamplitude H_a verändert sich mit B auf der Kennlinie S.

55 Konvergenz/Konzentration/Konzentrator bei S-Pol: umgekehrte Funktionsweise wie bei N-Pol.

5. Flußdichte B_2 *verstärken* durch H_{a2} mit Stoff $S(\mu_a)$.
 Bandkern mit verschiedenen Stoffen S (radiale μ_a -Schichten, Funktion:
 $\langle r = \mu_a \rightarrow \rangle r = \mu_a$, mit fallendem $B(r) = \text{radiusabhängiges } \mu_a$
6. Kaskade mit Stufen-Verstärkung je Einheit Pos. 4.-5.
7. Feldkonzentration von $\langle B_2 \cdot A \rightarrow \rangle B_2 \cdot A'$ durch Flächenverkleinerung
 $A' \rightarrow A \rightarrow$ Flußdichte ist Werkstoff (S) mit höherem $B-H_a$ -Level angepaßt.
 Die Feldstärkeamplitude H_a verändert sich mit B auf der Kennlinie S .
 Konvergenz/Konzentration/Konzentrator
8. Polschuh auf höchstem Flußdichte-Level des Werkstoffs.

Ausgangsgrößen

$$F = B^2 \cdot A / 2\mu_0$$

Variable A

$$B = \sqrt{F \cdot 2\mu_0 / A}$$

Ergebnis: B_2 auf S mit H_{a2}

$$M = B_2 / \mu_0 - H_a$$

Sandwich-Verstärker (V) (Fig. 89)

Sandwich-Abschwächer (A) (Fig. 90)

Anpassung an B_2 , H_{a2} (Fig. 91)**10. PM-/PE-Feld-Design****PM-Feld-Design****1. Permanent-Magnet (PM)****1.1 Runder Scheibenmagnet (AP) (Fig. 92)**

d Luftspalt
 H Haftmagnet ($d=0$)
 G Eigengewicht
 D Maximierung
 S Minimierung
 l_m mittlere Feldlinienlänge

→ Optimierung H/G Entmagnetisierungsfaktor $N=1$ (dünne Platte) mit gleichstarkem Koerzitivfeld durch antiparallelen PM**1.2 Quadratischer Scheibenmagnet (AP) (Fig. 93)**Variante A: quadratisch $\alpha=0^\circ$ Variante B: Rhombus $\alpha=45^\circ$

a=b Optimum (Maximum)

s Minimierung

→ Optimierung H/G Entmagnetisierungsfaktor $N=1$ (dünne Platte) mit gleichstarkem Koerzitivfeld durch antiparallelen PM

1.3 Rechteckiger Scheibenmagnet (AP) (Fig. 94)Variante A: $\alpha=0^\circ$ Variante B: Rhombus $\alpha=45^\circ$

- 5
- a Maximierung
 - b Minimierung
 - s Minimierung

→ Optimierung H/G

10 Entmagnetisierungsfaktor $N=1$ (dünne Platte) mit gleichstarkem Koerzitivfeld durch antiparallelen PM

1.4 Rotationsellipsoid (RE) (Fig. 95, 96)

RE längs der Rotationsachse homogen magnetisiert

N beschreibt die magnetische Formanisotropie

15 Entmagnetisierungsfaktor $N=1$ bei $a/b=0$

a polare Halbachse = Rotationsachse (parallel magnetisierte Richtung)

b äquatoriale Halbachse

20 → Gewichtsreduktion von RE gegenüber dünne Platte und gleiche Magnetisierung (homogen magnetisiert).

1.5 U-Magnet (Fig. 97)

Magnetisierung in Umfangsrichtung

Vorteil: Beide Pole ohne Rückschluß auf derselben Seite → Gewichtsreduktion

25 Spule

 Θ Elektrische Durchflutung l_m mittlere Feldlinienlänge

I Stromstärke

N Windungszahl

30 H magnetische Feldstärke = $\Theta/l_m = I \cdot N/l_m$

Parameter

 R_i innerer Radius R_m mittlerer Radius

35 R_a äußerer Radius

L Maximierung

 D_m $2R_m$ (Polabstand → Felddurchgriff Richtung z)

z Richtung h (Hub) = Wirkungsbereich

M Mantel für Streufeld

40 $s = 0,1 \text{ mm}$, $\mu_a = 400.000$

→ Optimierung H/G

45 Entmagnetisierungsfaktor $N=1$ mit gleichstarkem Koerzitivfeld durch antiparallelen PM

2. PM-Sandwich (Multi-Layer) (Fig. 98)

Vorteile:

a) höhere Haftkraft / Flußdichte

b) größere Packungsdichte

50 c) Magnetkronen-Design, Alternativen:

1. höhere Kraft

2. steilere Feldlinien

3. homogenes Feld

55

Maximierung: Höhere Kraft F (Fig. 99)

- a) Sandwich-Konstruktion mit kleinerer Fläche A
- b) Magnet-Krone 1., 2., 3. = analytische Flächenformel-größe
4. = magn. Brechungsindex für Felddurchgriff Richtung z
→ inhomogenes Feld homogenisieren → steilere Feldlinien
- c) Fläche verkleinern auf A_2

Parameter

F Kraft [N]

B magnetische Flußdichte [T]

A Fläche [cm²] = (2 · A₁), (A₂ = 1/2 A₁ → 2 · F)

μ_0 magnetische Feldkonstante = $1,256 \cdot 10^{-4}$ Tcm/A

$$F = B^2 \cdot A / 2\mu_0$$

3. Hubvergrößerung

Ohne-Erhöhung-des-Eigengewichtes durch-Drehung der Magnetkonfiguration:
ohne Flächenveränderung, d.h. A bleibt bei der Drehung im Betrag gleich.

3.1 Variante A (Fig. 100, 101)

Hub h

h 1,0 - 1,3; max 1,4·e

Parallelverschiebung gilt auch für U-Magnet etc.

Parallelverschiebung unter Winkel α , gilt auch für U-Magnet etc.

Achtung: N-Pol an S-Pol vorbei \rightarrow Abstoßung \rightarrow Anziehung

$$h_{\max} \sqrt{2} \cdot e = 1,4142 \cdot e$$

3.2 Variante B (Fig. 102, 103)

3.3 Variante C (Fig. 104)

3.4 Variante D (Transversal-System) (Fig. 105)

Modifikation der Kraft-Weg-Kennlinie durch Feld-Design

1. Orthogonal-System (Fig. 105 a,b,c, Fig. 106 a, b, c)

- a) Orthogonal-Feld b) Winkel α -Feld c) Tauchsysteem
→ steilerer Gradient c1) längs c2) quer

2. Diagonal-System (Fig. 107)

- b) Diagonal-Feldfluß
→ größerer Polabstand → großer Hub

Vorteile:

- Sandwich, schmale Konstruktion
- Große Kraft F_1 plus große (Diagonal-) Poldistanz
 → große Feld-Tiefenwirkung (Durchgriff)
 → großer Hub h , → kurzer Schaltweg

Je höher die Koerzitivfeldstärke des PP, um so geringer seine Länge

3. Orthogonal-Diagonal-System (Fig. 108)

1. PM = Stator
2. Isotrope Anker mit $N \rightarrow 0$ in longitudinaler Richtung
3. Anisotroper Anker $N \rightarrow 0$ + Kristallanisotropie etc. zur Vermeidung des tangentialen Streuflusses
4. Beachte notwendig hohen spez. elektrischen Widerstand wegen im PM-Feld oszillierender Anker \rightarrow Anti-Wirbelstrom-Maßnahmen

4. Krafterzeugungs-Prinzipien mit Maximierung der Feldkraft

1. Abstoßung 2er PM's ($N \leftrightarrow N$)
2. Anziehung 2er PM's ($N \leftrightarrow S$)
3. Anziehung $F_e \leftrightarrow PM$
4. Abstoßung-Anziehung PM-Al-Ring mit Induktion
Magnet-Al-Ring mit induzierten Wirbelströmen und Lenz-Regel

FM-Design**1. FKG mit Inline-FM (Fig. 110, 111)**

1.1 Arbeitsspiel im Kreisprozeß ($\rightarrow p, V$ -Diagramm)

1.2 Flußsteuerung kinematisch

Beachte magnetische Formanisotropie für FM und PS

1.2.1 FKG mit FM ohne Polschuhe (PS) (Fig. 112)

d Kraftminderung durch Luftspalt d.

G Grenzschrift/Übergang

1.2.2 FKG mit FM und Polschuhe (PS)

Polschuhe überbrücken den Luftspalt \rightarrow höhere abstoßende Kraft F_i

Variante A: mittig *nicht* geteilte Polschuhe (Fig. 113)

Variante B: geteilte PS (Maße a, b siehe magnetische Formanisotropie mit N (Fig. 114)

2. FKG mit Outline-FM

Feldmodulator (Anziehungs-Gleichgewicht) + Polschuhe (PS) mit Flußumleitung in einem Bauteil. (Fig. 115)

PS: Polschuhe in B_2 , H_{a2} angepaßt (Arbeitspunkt A_3 in B-H-Kennlinie)

Magn. Formanisotropie (Fig. 116)

Magnetisierungsfaktor / Entmagnetisierungsfaktor N: Wegen N sind die magnetischen Eigenschaften von weichmagnetischen Stoffen *formabhängig*: Ein in s *langer* FM (Stab) läßt sich *leichter* in *Längsrichtung* magnetisieren als quer dazu, ein in s *kurzer* FM (dünne Platte) *leichter* *tangential* als senkrecht zur Plattenebene.

3. FKG Transversal-System

Variante A: Inline FM (Fig. 117)

Variante B: Outline FM (Fig. 118)

Zu Takt 4.: Beachte Drehmoment auf FM.

Vermeidung: Variabler FM \rightarrow Überlappung der PM \rightarrow variable Fläche des FM, abhängig vom Hub h (alternativ Sandwich wechselseitig und versetzt). (Fig. 117)

4. Aktiver Feldmodulator (Fig. 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125)

Vergleiche: In FM-Systematik Pos. 4 weichmagnetischer Induktions-FM

a) Spule mit variabler /dynamischer Magnetisierung

b) Impulsmagnetisierung mit Pulskompressionstechnik bei H_a , B_2 , μ_a

FM-Zustände:

1. Anziehung N-0/0-S=inaktiv
2. Starke Anziehung N-S/N-S=ZU
3. Starke Abstoßung N-N/S-S=AUF

3. Outline-FM (Fig. 121)

Spulenanordnung Kern K bei Strom I.

FM-Zustände:

1. Neutral "off" 0-N= AUF
2. Spule "on" S-N= ZU
3. Spule "on" N-N = AUF

Spule umgepolt → Verstärkung

- a) Nachteil: Spule nimmt Platz für Multilayer-PM weg → $\Delta \Sigma F$, großer Spulenradius (→ Formel), ...
- b) Vorteil: Platz für viele kleine Spulen, klein I, kleiner r (→ Formel) → hohe Wirkung bei ΔI .

Schaltpunkt A_3 (Fig. 122)**Weichmagnetischer Induktion-Feldstärke FM (In FM-Systematik Typ 4b)**

Prinzip Transistor, jedoch ohne Halbleitermaterial

Schaltung des Arbeitspunktes A_3

Typ 4a: Permeabilität-Induktion FM → Z_a
 → große Schaltenergie
 $\mu_{\max}, B_{\text{opt}} \rightarrow \mu_r=1, B_{\max} (= \text{Sättigung } B_S)$

Typ 4b: Induktion-Feldstärke FM → Z_b
 → kleine Schaltenergie
 $B_2-H_{a2} \rightarrow B_0=0, H_{a0}=0 \rightarrow \mu_1$

Schaltzustände Z_b :

1. "AUF" = Flußquanten-Durchlaß (Φ) bei H_{a2} mit B_2 (M verstärkt)
2. "ZU" = Flußquanten-Sperrung bei angelegter Gegen-Feldstärkeamplitude $-H_{a2}$ (Koerzitivfeldstärke)
 $-H_{a2}; B_2 \rightarrow H_{a0}, B_0$
 (→ M=min bzw. 0 beim ersten Mal (→ 2-74: weichmagnetische Hystereseschleife))

A_3 Arbeitspunkt $-(BH)_{\max}$ (– = negative Energie = Anziehung)
 = max. negatives Energieprodukt weichmagn. Stoff
 = Gütekennzeichen für weichmagnetische Stoffe

S Magnetisierungs-Kennlinie Stoff S

Schalt-Prozess

1. Reduktion Steuerenergie $I \rightarrow H_{a2}$
2. Erhöhung der Feldkraft

Schaltung über Kanalquerschnitt-Modulation durch magn. Feld quer zum Kanal analog mag. Feldeffekt-Transistor M-FET. (Fig. 124, 125)

FM kinematisch oder stationär.

- a) Mit jeweils einem Querfeld (Gate)
- b) Mit jeweils zwei Querfeldern (Gate)

11. Solid-state FKM-Generator (FKG)

= Elektrodynamisches Prinzip (ohne bewegte Teile)

→ Lorentz-Kraft auf bewegte Ladungsträger oder stromführende Leiter
($F \approx 1/40$ von Elektromagnetischem Prinzip = Anziehung eines Fe-Ankers = bewegtes Teil)

Solid-state Maschine

Der Feldkraftgenerator FKG kann auch als "**Solid-state**" Maschine, d.h. ohne bewegte Teile, zur *induktiven* Erzeugung von Primärstrom ausgebildet werden:

a) aus sich zeitlich schnell veränderndem Magnetfeld (magnetostatisches Feld vor dem FM - moduliert durch einen *stationär-aktiven Feldmodulator*). Basis des instationären magnetischen Feldes ist das durch den FM modulierte magnetostatische Gleichfeld aus dem stationären Potentialfeld eines Permanent-Magneten, oder

b) aus sich zeitlich schnell veränderndem Elektretfeld (elektrostatisches Feld vor dem FM - moduliert durch einen *stationär-aktiven Feldmodulator*). Basis des instationären elektrischen Feldes ist das durch den FM modulierte elektrostatische Gleichfeld aus dem stationären Potentialfeld eines Permanent-Elektreten, oder

c) wie a) aus einem stationären Gleichfeld eines Supraleitermagneten, das durch den stationären FM moduliert wird → instationäres Magnetfeld.

Ortsfeste PM's

Ortsfeste PM's lassen sich auch als Solid-State FKG, ortsfester PM mit anziehendem PM-Kolben, oder abstoßendem PM-Kolben realisieren.

1. Solid-state FKG-Varianten: Ortsfeste PM's oder PE's (Fig. 126)

Fig.126 a: Solid state ortsfest

Stationärer FM oder kinematischer FM

Zeitlich sich änderndes

Magnetfeld induziert elektrisches

Feld → elektr. Strom

Fig.126 b: Anziehung Kolben K

Stationärer oder kinematischer FM

K Kolben = weichmagnetischer Stoff

Fig.126 c: Abstoßung PM_1 ortsfest, PM_2 = Kolben

Bem.: Longitudinale Kraft-Weg-Kennlinie bei OT im Gleichgewicht, bei UT ist Verhältnis longitudinale zu transversale Kraft-Weg-Kennlinie immer noch $V > 1$, trotz asymmetrischer

FM-Position Beachte Pleuellängen-Variator:

Bei OT: FM Öffnen ohne K-Bewegung → in Gleichgewichts-Position

Bei UT: FM Schließen ohne K-Bewegung → FM in asymmetrischer Position

2. Einzelspulen-Generator (Fig. 127, 128)

Zu Outline FM/PS Schaltwirkung / Flußleitung/Flußumleitung

→ Hauptfluß Φ Weg A

a) FM hohe Quer-Leitfähigkeit FM = "ZU",
beachte Kristallanisotropie und magnetische Formanisotropie oder

→ Nebenfluß Φ Weg B durch PS geschaltet (Flußumlenkung)

b) PS hohe Längs-Leitfähigkeit PS = "AUF",
beachte Kristallanisotropie und magnetische Formanisotropie

FM Feldmodulator = Fluß sperren

PS Polschuh = Fluß leiten

S Spule, alternativ auf beiden Schenkeln → mehr Windungen

FS Flußleitstücke = 2 Schenkel

PM Permanentmagnet (SM, PE)

Fe Ferro-/Ferrimagnetikum

G Grenzfläche / Übergang

Beachte: Anpassung an B_2 , H_{a2} für optimale Schalt-/Verstärkerwirkung

3. Doppelspulen-Generator (Fig. 129)

PM Permanentmagnet (SM, PE)

S Spule / Solenoid

G Grenzfläche

K Konzentrador → max.

Verstärkung B_2 , H_{a2} am

Arbeitspunkt A_3

FM Feldmodulator = Sperren

PS Polschuh = Leiten

FM-PS-Leitfähigkeitsmodulation/-schalter:

"AUF" = 0 = hoher Widerstand

in FM → Fluß Φ Weg A

"ZU" = 1 = hohe Leitfähigkeit

in PS → Fluß Φ Weg B

Fe Ferro-/Ferrimagnetikum

FS Der Vorteil der 2 Flußleitstücke (2 Schenkel) besteht darin, daß man viel mehr Windungen unterbringen kann, als in einer gleichwertigen ferrofreen Spule.

4. Feldmodulator-Typen

Der FM kann als:

1. kinematischer FM

a) passiv (Leitfähigkeitsmodulation)

b) aktiv (Leitfähigkeitsmodulation u./o.
Kanalquerschnittsmodulation)

2. stationärer FM

a) Leitfähigkeitsmodulation analog z.B. M-BT

b) Kanalquerschnittsmodulation analog M-FET

ausgebildet werden.

B. Vorteilhafte Wirkungen der Erfindung Feldkraftgenerator (FKG)

Magnetostatisch-dynamischer Oszillationskreis-Prozeß

Die Maschine arbeitet in einem Kreisprozeß mit *magnetostatisch-dynamisch* oszillierenden Zuständen von reversibel→irreversibel→reversibel (insgesamt = irreversibler Kreisprozeß). Das Wirkprinzip des FKG entspricht wegen der verschiedenen FM-Sperrschichtarten einer verallgemeinerten "Supertransistor-Maschine" und ist auch eine makroskopische Analogie zu einem Supraleiter mit Energielücke ($FM \rightarrow E=0$) nach folgendem Prinzip:

Die Maschine erzeugt Arbeit/Energie/Entropie auf Basis der magnetischen Vektorpotential-Longitudinal-Stoßwellen (nichtlineare elastische Kraftfeld-Stoßwellen = Solitonen aus Flußquanten) der sich in Normalenrichtung (bei Longitudinal-Maschine) abstoßenden PM's.

Wegen der Oszillation der PM's, zwischen den Zuständen Erzeugung Energie → Rücklauf im Gleichgewichtszustand, sind diese Stoßwellen selbstreflektierend wegen

a) der gekoppelten Spinnmomente mit spontan magnetisierten Domänen bzw.

b) den gekoppelten magnetischen PM-Momenten; erzeugt aus den Oberflächen-Ringströmen (Longitudinalwellen ggf. gekoppelt mit Transversalwellen mit Scherung, Biegung u. Torsion).

Antiparallele Kopplung

Die antiparallele Kopplung zweier abstoßender PM's (PM-Paar) erfolgt über die elastische Deformation des magnetostatischen *Feldes* durch den vermittelnd anziehenden FM. Die vermittelnd magnetische anziehende

Austauschwechselwirkung durch einen FM verzerrt das lokale magnetostatische *Feld* zwischen den antiparallelen PM's → Deformationsenergie → Freisetzung wie bei einer gespannten Feder bei FM "AUF". Der FM *kompensiert* die sich abstoßenden antiparallelen magnetostatischen Momente der PM's durch *Anziehung* = negative Energie im FM (Austauschkraft = Überlappung der Magnetfelder zwischen den drei/vier magnetischen Elementen: 2PM's +1 oder 2 FM's).

Bei *kinematischem* FM wird die dünne FM-Schicht beim Schaltvorgang nach "AUF" durch Luft/Gas/Vakuum ersetzt; die Wechselwirkung erfolgt nicht durch den FM-Stoff (kinematischer FM).

Die vorgenannte Funktionsweise gilt sinngemäß auch für Supraleitermagnete SM's sowie PE's mit elektrostatischem Feld mit ferroelektrischem FM.

Erzeugung von Arbeit

Ein erfindungsgemäßer Feldkraftgenerator weist verschiedene Vorteile auf. In der Position "Zu" des FM befinden sich die 2 Permanentmagnete (abstoßend) und 1 Feldmodulator (anziehend), und damit die Maschine, im Gleichgewichtszustand mit der Energie $E=0$. Wird der FM geöffnet, so entsteht ein Ungleichgewicht durch die Abstoßung ohne FM-Anziehung und es

wird positive Arbeit und Entropie erzeugt. Hierbei bewegt sich, zum Beispiel bei einer FKG-Hubkolbenmaschine, der PM-Kolben vom oberen Totpunkt (OT) zum unterem Totpunkt (UT) (= Weg W_{ab1}) der Kurbelwelle. Bei UT wird der FM geschlossen, so daß sich der PM-Kolben von UT nach OT ohne Abstoßung auf einem Weg W_{ab2} als Teil eines Kreisprozesses zurückbewegen kann. Die Arbeit W_{ab} wird in einem dissipativen System erzeugt, d.h. positive Arbeit bei Weg W_{ab1} (OT→UT), keine Arbeit bei Weg W_{ab2} (UT→OT), d.h. $\Sigma W_{ab} = W_{ab1} + W_{ab2} \neq 0$.

Bei einem Potential-Feld (konservatives System) ist die Summe der Arbeit $\Sigma W_{ab} = W_{ab1} + W_{ab2} = 0$.

Die durch den Feldmodulator zugeführte Arbeit W_{zu1} = "Auf" in OT und W_{zu2} = "Zu" in UT ist sehr klein. Der kinematische FM kann vorzugsweise auf einer magnetischen Äquipotentialfläche (senkrecht zum Feld), statt parallel im Potential-Feld bewegt werden. Bei auftretender negativer Arbeit W_{zu} kann diese durch Kompensation eliminiert werden.

Die Energiebilanz ist somit $\Sigma W_{ab1} - \Sigma W_{zu1}$, wobei ΣW_{zu1} - wegen der Bewegung auf einer Äquipotentialfläche und wegen der Kompensation der Arbeit, sehr klein.

Der Feldkraftgenerator nutzt die Umwandlung von permanenter magnetischer Feldenergie zwischen den Magneten durch Schaltung der Feld-Wirkung - so wird die potentielle Energie der Permanentmagnete in kinetische Energie umgewandelt.

Diese kann als Antriebsenergie genutzt oder einem Elektrogenerator zur Erzeugung elektrischer Primärenergie zugeleitet werden.

Zyklus-Energiebilanz (1 Arbeitsspiel = 360° KW) /

Wirkungsgrad (Kraftverstärkung)

1. Arbeitsprozeß

Erfindungsgemäße Anwendung des Pleuellängen-Variators mit Kurbeltrieb mit der Folge der Krafteinleitung bei 90° KW statt klassisch bei 0° KW.

1 Arbeitsspiel = 360° KW, d.h. Hub h = KW-Radius bis Hubzapfen HZ.

Arbeitsprozeß (Fig. 130)

1. Takt (Kraftaufbau)

PM₁ und PM₂ stationär in OT-Position (90° KW) im Abstand der FM-Dicke s .

PM's und FM im Gleichgewichtszustand.

Energie im Grundzustand $E=0$.

1. Feldmodulator "Auf" = PM-Kraftaufbau 1. Stufe

W_1 Arbeitsaufnahme FM "Öffnen" $W_{1FMAuf} = \int F(s_i) \Delta s$

(W = negativ, weil CoFe ins Feld hineingezogen wird)

2. Polschuhe PS "Zu" zur Überbrückung des Luftspaltes d und damit

Erhöhung der Feldkraft F_1 = Kraftaufbau 2. Stufe. W_1 Arbeitsaufnahme

PS "Schließen" $W_{1PSZu} = \int F(s_i) \Delta s$ ($+W_1$ = positiv = W -Gewinn, weil

Ferromagn. Stoff ins Feld hineingezogen wird.)

2. Takt (Arbeitstakt mit magn. abstoßender Kraft F_1)

PM₁ und PM₂ bewegen sich von OT (90° KW) in Richtung UT (180° KW) und geben Arbeit W_2 an die Kurbelwelle ab.

W_2 Arbeitsabgabe PM "Hub" $W_{2PM+h} = \int F(s_i) \Delta s$

Energie Zustand $E = \text{positiv}$, es entsteht magnetische Arbeit und Entropie.

3. Takt (Kraftabbau)

PM₁ und PM₂ stationär in UT-Position (180° KW) im Abstand Hub h_i .

PM's End-Zustand. Energie im Zustand $E = \text{positiv}$.

1. Polschuhe PS "Auf" zur Erzeugung des Luftspaltes für den FM und damit Reduktion der Feldkraft $F_1 = \text{Kraftabbau 1. Stufe}$

W_1 Arbeitsaufnahme PS "Öffnen" $W_{1PSAuf} = \int F(s_i) \Delta s$

($-W_1 = \text{negativ} = W\text{-Gewinn}$, weil Ferromagn. Stoff ins Feld hineingezogen wird.)

2. Feldmodulator "Zu" mit Reduktion der Feldkraft $F_1 \rightarrow 0 = \text{Kraftabbau}$

2. Stufe W_1 Arbeitsaufnahme FM "Schließen" $W_{1FMZu} = \int F(s_i) \Delta s$

($+W_1 = \text{positiv}$, weil Ferromagn. Stoff ins Feld hineingezogen wird.)

4. Takt (Rück-/Leerhub ohne magn. abstoßende Gegenkraft F_1)

PM₁, PM₂ bewegen sich von UT (180° KW) in Richtung OT (270° KW) und geben dabei *keine* Arbeit W_2 an die Kurbelwelle ab; Rückbewegung bedeutet geringe Arbeitsaufnahme zur Rückstellung ohne magn.

abstoßende Gegenkraft. W_2 Arbeitsaufnahme PM "Hub" $W_{2PM-h} = \int F(s_i) \Delta s \rightarrow 0$ Energie Zustand $E \rightarrow 0$, es entsteht keine magn. Arbeit und keine Entropie.

2. Zyklus Arbeits-Ergebnis**1. Takt (Kraftaufbau)**

$W_{1FMAuf} = \int F(s_i) \Delta s$, Arbeit kann zusätzlich kompensiert werden

$W_{1PSZu} = \int F(s_i) \Delta s$, Arbeit kann zusätzlich kompensiert werden

2. Takt (Arbeitstakt mit magn. abstoßender Kraft F_1)

$W_{2PM+h} = \int F(s_i) \Delta s$

3. Takt (Kraftabbau)

$W_{1PSAuf} = \int F(s_i) \Delta s$, Arbeit kann zusätzlich kompensiert werden

$W_{1FMZu} = \int F(s_i) \Delta s$, Arbeit kann zusätzlich kompensiert werden

4. Takt (Rück-/Leerhub ohne magn. abstoßender Gegenkraft F_1)

$W_{2PM-h} = \int F(s_i) \Delta s \rightarrow 0$

Summe Arbeitsaufnahme

$\Sigma W_1 = W_{1FMAuf} + W_{1PSZu} + W_{1PSAuf} + W_{1FMZu}$

Summe Arbeitsabgabe

$\Sigma W_2 = W_{2PM+h} - W_{2PM-h}$

Magnetischer Arbeits-Wirkungsgrad

$\eta_m = \Sigma W_2 / \Sigma W_1 \rightarrow \eta_m > 1$

3. Randbedingung für die Arbeitsintegrale

Randbedingungen für die Berechnung der Arbeitsintegrale im Arbeits-Zyklus (Takt 1-4):

Die beiden Magnete PM_1 und PM_2 müssen in ihrer Lage momentan ortsfest fixiert sein (\rightarrow Pleuellängen-Variator) während der Feldmodulator in Stellung "AUF" herausgezogen wird. (Das System PM-FM-PS darf in diesem Zustand in seiner Bewegung nicht dem freien Spiel der Kräfte zwischen den PM's unterliegen wie bei einer normalen Kurbelwelle ohne Pleuellängen-Variator). Die beiden PMs *müssen* im Gleichgewichtszustand des Systems sein, *während* der FM herausgezogen und der/die Polschuh(e) hineingeschoben wird/werden. Sie müssen momentan ortsfest *fixiert* sein (Oberer Totpunkt OT genau so wie beim Unteren Totpunkt UT bei 180° KW). Die Kraft-Weg-Kennlinien der PM's bzw. des FM bzw. PS sind deshalb - bis auf die Streufeldeinwirkungen - magnetisch entkoppelt durch die mechanische Fixierung der PM's (bedingt durch die neue Pleuellängen-Variator- Konstruktion). Insofern beeinflussen sich die Arbeitsintegrale Arbeitsaufnahme W_1 (durch den FM bzw. PS) und Arbeitsabgabe W_2 (durch die PM's) so gut wie gar nicht. Dies hat erhebliche Folgen für den Wirkungsgrad $\eta_m = W_2/W_1 = > 1$.

4. Wirkungsgrad (Fig. 131, 132)

Formeln Arbeit, Wirkungsgrad

$$W_1 = \int_{OT}^{UT} F_t(s) \Delta s \quad [Nm] = W_{ab} = W_2$$

2 FM symmetrisch mit Impulsausgleich oder

$$W_t = W_1 = \int_{R_r}^{R_l} F_t(s) \Delta s \quad \text{asymmetrisch 1FM}$$

$$W_t = \int_M^R F_t(s) \Delta s \quad [Nm] = W_{zu} = W_1 = \int F_t(s) \Delta s$$

$$\eta_m = V = W_t/W_1 = W_{ab}/W_{zu} = W_2/W_1 = \eta_m \quad \eta_m >>$$

V = Verhältnis

Beachte: FM- bzw. PS - Kompensation im Zyklus.

Zusammenfassung der erfindungsgemäßen Funktion des FK-Generators

1. Arbeitsweise

PM = Permanentmagnet, FM = Feldmodulator, PS = Polschuhe

Die 4 Takte des Arbeitsspieles sind:

1. Takt - FM Öffnen = Druckaufbau (OT 0° - OT' 90° KW) + PS = "Zu"
2. Takt - Arbeiten (OT' 90° - UT 180° KW) \rightarrow Arbeit / Entropie positiv
3. Takt - FM Schließen = Druckabbau (UT 180° - UT' 270° KW) + PS "Auf"
4. Takt - Leerhub / Kühlen \rightarrow Gleichgewicht mit $E = 0$ (UT' 270° - OT 0° KW)

Ein Arbeitsspiel läuft mit Pleuellängen-Variator in 1 Kurbelwellenumdrehung ab = 360° KW (statt 720°

KW wie bei einem Ottomotor). Der Hub ist hierbei = Kurbelwellenradius und nicht Kurbelwelldurchmesser (klassische Kurbelschleife), weil die PM bei OT bzw. UT, den Totpunkten, ruhen, bis sich die KW von 0° auf 90° KW = OT' bzw. 180° nach 270° = UT' weitergedreht hat, um die Kraft jeweils mit Hebelarm bei 90° KW oder 270° KW übertragen zu können.

2. Verdichtungsverhältnis

Arbeitsraum

Er ist der vom Magnet-Zylinder und 2 Magneten umschlossene Raum. Seine Größe ändert sich während eines Hubes gemäß der o.g. Takte. Der Arbeitsraum ist am größten, wenn sich die PM in UT, und am kleinsten, wenn sie sich in OT befinden.

Feld-Verdichtungsraum V_c

Die Größe des Verdichtungsraumes V_c = Luftspalt d bei FM oder Grenzfläche G bei PS ist der kleinste Arbeitsraum.

Feld-Hubraum V_h

Er ist der Raum zwischen den beiden Totpunkten OT und UT des Magnet-Kolbens.

Feld-Gesamthubraum V_H

Er ergibt sich aus der Summe der Hubräume der einzelnen Magnet-Zylinder eines FK-Generators/Motors.

Vergleicht man den Raum zwischen den Magnet-Kolben *vor* dem Verdichten durch den FM bzw. PS (Hubraum V_h + Verdichtungsraum V_c) mit dem Raum zwischen den Magnet-Kolben *nach* dem Verdichten des Feldes (Verdichtungsraum V_c), so erhält man das Verdichtungsverhältnis ε (Fig. 133)

$$\varepsilon = (V_c + V_h)/V_c$$

Je höher das Verdichtungsverhältnis, desto besser ist die Ausnutzung der Feldenergie und damit der Wirkungsgrad des FKG/FKM.

Mit zunehmendem Verdichtungsverhältnis steigt die Quantenfeldtemperatur T_Q des Feldes an.

Geometrisches Verdichtungsverhältnis

Bei durch Felder aufgeladenen FKG/FKE ist die Verdichtung geringer, da das Feld bereits hochverdichtet in den Magnet-Zylinder gelangt.

1. Gesetz (Feld-Analogon zu Gas-Gesetz von Boyle-Mariotte)

Durch die Auf- und Abbewegung der Magnet-Kolben PM_1 und PM_2 im Zylinder ändert sich mit dem Volumen auch der Felddruck p und die Quantenfeld-Temperatur T_Q des Feldes.

Entgegen dem Gesetz von Boyle-Mariotte für Wärmekraftmaschinen gilt bei Feldkraftmaschinen, dass sich bei gleichbleibender Quantenfeldtemperatur T_Q , Volumen und Druck im Zylinder mit der *Kraft-Weg-Kennlinie* der Magnete ändern. Es gilt folgende Gesetzmäßigkeit:

Das Produkt aus Felddruck und Volumen ist eine Funktion der Kraft-Weg-Kennlinie der beteiligten Magnete.

2. Gesetz (Feld-Analogon zu Gas-Gesetz von Gay-Lussac)

Unter Einbeziehung der Quantenfeldtemperatur T_Q in das Verhältnis von Volumen und Druck gilt folgende Gesetzmäßigkeit:

Wird ein Feld bei gleichbleibendem Druck um 1 K erwärmt, so dehnt es sich um den $1/T_0$ Teil seines Volumens aus.

3. Druckverlauf

Der Druckverlauf eines Kraftfeldes wird durch die Kraft-Weg-Kennlinie der Magnete bestimmt (Fig. 134):

Der Druckverlauf bei einer Verbrennung hat seinen maximalen Druck bei höchster Temperatur zwischen $6^\circ - 12^\circ$ Kurbelwelle nach OT (Fig. 135):

Ergebnis

Durch den Vergleich beider Kennlinie (Kraftfeld/Verbrennung) wird klar, warum neben der Kraffteinleitung bei 90° KW mit viel größerem Hebelarm (ca. Faktor 4 gegenüber klassischer Kurbelschleife) eine neue Kurbelschleife mit Pleuellängen-Variator notwendig ist: Bei klassischer Kurbelschleife würde der Kolben schon nach OT in Richtung UT weglaufen und der kinematische FM müßte in dieser kurzen Zeit bei OT sehr schnell herausgezogen werden; das ist bei der KW mit Pleuellängen-Variator nicht so: Der Magnet-Kolben PM_1 bleibt in der OT-Position ganz nah am anderen Magnet-Kolben PM_2 (also bei maximalem Druck bzw. Kraft), bis die Kurbelwelle die Position OT' bei 90° KW erreicht hat.

4. p-V-Arbeitsdiagramm

Die Beziehungen zwischen Felddruck p , Feldvolumen V und Quantenfeld-Temperatur T_Q von Feldern lassen sich für ein Arbeitsspiel der Feldkraftmaschine in ein Druck-Volumen-Diagramm (p-V-Diagramm) übertragen.

Es entsteht dabei ein ideales Diagramm, in dem sich an den jeweiligen Umkehrpunkten der Magnet-Kolben in UT und OT während des Feld-Expansionsvorganges und des Rücklaufvorganges das Volumen nicht ändert, d.h. konstant bleibt.

Gleichraum-Prozess (Feldexpansion mit Druckaufbau):

Die sehr schnelle Feldexpansion durch das Öffnen des FM läuft bei konstantem Volumen ab (Feldmodulator bei OT Öffnen bei konstantem Volumen bis sich die Kurbelwelle von 0° KW nach 90° KW gedreht hat).

Bedingungen bei Gleichraumprozess mit Feldexpansion (Fig. 136):

- Der Zylinder enthält nur Frischfeld und kein Restfeld aus dem vorhergehenden Arbeitstakt
- Vollständige Energieumsetzung des Feldes
- Verlustfreier Feld-Ladungswechsel
- Kein Quantenfeld-Wärmeübergang am Zylinder
- Konstantes Volumen während des Druckaufbau- (FM bei OT Öffnen) und Druckabbau- (FM bei UT Schließen) Vorganges
- Der Druckaufbau-Raum muß Felddicht sein

Prozessablauf

1 → 2 **Gleichgewicht** = Leerhub ohne Felddruck (FM geschlossen) =
Bewegung von UT' → OT, keine Quantenfeld-Wärmezufuhr (Isentrope)

5 2 → 3 **Felddruck Aufbau** = Öffnen des FM → Drucksteigerung bei
konstanten Volumen (Isochore) = Feldenergiezufuhr, d.h. der
Magnet-Kolben verharrt für die kurze Zeit des Druckaufbaus in OT während sich
die KW von 0° nach 90° dreht = OT → OT' (Quantenfeld-Wärmezufuhr)

10 3 → 4 **Arbeiten** (Entspannen des Felddrucks). Das unter hohem Druck
stehende Feld dehnt sich aus und bewegt den Magnet-Kolben von
OT' → UT, das Ausgangsvolumen ist wieder erreicht. Keine
Quantenfeld-Abfuhr

15 4 → 1 **Felddruck Abbau** = Schließen des FM. Der Vorgang erfolgt bei
konstantem Volumen in UT-Position, während die KW von 180° nach
270° dreht = UT → UT'. Durch Quantenfeld-Abfuhr (= Kühlen) sinkt der
Felddruck ab bis im Punkt 1 der Ausgangs-Felddruck wieder
erreicht ist.

Energiegewinn, Energieverlust

20 Die im Diagramm (Fig. 136) entstandene Fläche mit den Ecken 1-2-3-4 gibt die
während eines Arbeitsspieles gewonnene Arbeit wieder.

25 *Durch Erhöhung des Verdichtungsverhältnisses lässt sich die gewonnene
Arbeit vergrößern.* Die gewonnene Arbeit könnte größer sein, wenn der FM nicht
schon in Punkt 4 schließen würde, sondern erst nachdem sich das Feld bis zum
Ausgangsdruck im Punkt 5 entspannt hat (Magnete müßten einen Hub $h \rightarrow \infty$
haben). Dies ist in der Praxis jedoch nicht möglich, da die Verlängerung der
Feld-Expansion mit der Vergrößerung des Hubes verbunden ist (Langhubmotor).
Somit ergibt die Fläche 1-4-5 die verlorene Arbeit wieder.

30 Verdichtungsverhältnis = (Hubraum + Verdichtungsraum) / Verdichtungsraum
$$\epsilon = (V_c + V_h) / V_c$$

35 Verdichtungsraum = FM-Luftspalt d oder Grenzfläche G zwischen den
Polschuhen PS

Tatsächliches p-V-Diagramm

40 In Wirklichkeit läuft der Gleichraumprozess nicht so ideal ab, da die
Bedingungen nicht eingehalten werden können.

Der Druckverlauf während der 2 Hübe (2 Magnet-Kolben + 2 FM) eines
Arbeitsspieles lässt sich mit einem piezo-elektrischen Indikator auf dem
Versuchsstand am laufenden FK-Generator/-Motor aufnehmen und als Kurve auf
dem Bildschirm sichtbar machen. Dabei sind deutlich die Unterschiede zum
idealen p-V-Diagramm zu erkennen (Fig. 136).

5. Steuerdiagramm

Trägt man die Öffnungs- und Schließzeiten des FM in Grad der
Kurbelwellenumdrehungen auf, so erhält man das Steuerdiagramm (Fig. 137).

a) Symmetrisches Steuerdiagramm → Detail

b) Asymmetrisches Steuerdiagramm → Detail

Es gibt einen Überblick über die Steuerwinkel des FM.

Der Öffnungs- (0° - 90° KW) und Schließwinkel (180° - 270° KW) des FM ist immer konstant - jedoch wird der FM innerhalb dieses Winkelsegmentes nicht immer ganz geöffnet (variable Feldkraft) und die Form der Steuerungsnocken ist ebenso variabel (Öffnungs- / Schließ-Profil / -Geschwindigkeit) und werden durch Versuche für jeden Bautyp so festgelegt, dass der FK-Generator die bestmögliche Leistung abgibt. Da dies über den gesamten Drehzahlbereich nicht möglich ist, werden die FK-Generatoren mit verstellbaren Öffnungs-/Schließnocken ausgerüstet. Die Öffnungs- und Schließwinkel des FM können um einen bestimmten Verstellwinkel verändert werden (variable Steuerzeiten: ggf. FM später öffnen bzw. früher schließen). Die Steuerwinkel der einzelnen FK-Generatoren weichen voneinander ab, so dass es für jeden FK-Generator ein eigenes Steuerdiagramm gibt. In der Regel sind die Winkel vom Öffnen bis zum Schließen des FM um so größer, je höher die Betriebsdrehzahl des Motors ist.

6. Magnet-Zylindernummerierung, FM-Öffnungsfolgen

6.1 Magnet-Zylindernummerierung.

Die Bezeichnung der einzelnen Magnet-Zylinder eines (Verbrennungs-) Generators/Motors ist genormt. Die Zählung der Magnet-Zylinder beginnt bei der Seite, die der Kraftabgabeseite gegenüberliegt. Bei V-, VR- und bei Boxermotoren beginnt man mit der linken Magnet-Zylinderreihe und zählt jede Reihe durch (Fig. 138).

6.2 FM-Öffnungsfolge und Öffnungsabstand bei Mehrzylinder-FK-Generatoren (Fig. 139)

FM-Öffnungsfolge

Sie gibt an, in welcher Reihenfolge die Arbeitstakte der einzelnen Magnet-Zylinder eines FK-Generators aufeinander folgen.

FM-Öffnungsabstand

Er gibt an, in welchem Abstand in Grad Kurbelwinkel die Arbeitstakte bzw. die FM-Öffnungen der einzelnen Magnet-Zylinder aufeinander folgen. Bei einem FK-Einzylinder-Generator wird nur eine FM-Öffnung (FM = Auf) auf 1 Kurbelwellenumdrehung benötigt, der FM-Öffnungsabstand beträgt somit 360° KW (Zündabstand bei einem 4-Takt Verbrennungsmotor 720° KW). $\text{FM-Öffnungsabstand} = 360^{\circ} \text{ KW/Zylinderzahl}$

Je mehr Magnet-Zylinder vorhanden sind, desto kleiner wird der FM-Öffnungsabstand, der Generatorlauf wird ruhiger und das abgegebene Drehmoment gleichmäßiger. Der FM-Öffnungsabstand ergibt sich durch die entsprechende Magnet-Zylinderanordnung und die dazu passende Lage der Kurbelkröpfungen

2. Feld-Halbleitermodulatoren

1. Technisches Gebiet auf das sich die Erfindung bezieht.

5 Feld-Halbleitermodulatoren gehören erfindungsgemäß zum Fachgebiet der Magnetronik.

Die Magnetronik ergänzt den Feldkraftgenerator ("Erzeugung von Energie"), weil durch die Technologie der Magnetronik-Bauelemente der Energieverbrauch gesenkt wird. Ein Feldkraftgenerator, Feldkraftmotor und Pleuellängen-Variator kann auf einem Chip mit integriert sein.

10 Magnetische/elektrische Feld-Halbleiter-Bauelemente und Anwendung des Prinzips M-/E-Dioden, M-/E-Transistoren, M-/E-Thyristoren, M-/E-IGBT auf den M-/E-Halbleiter-Feldmodulator (FM) :

15 Die Magnetronik ist eine völlig neue Technologie und Disziplin in der elektromagnetischen F&E, Produktion, Vermarktung und Anwendung. Da Felder Kräfte verursachen und die Feldflüsse gerichtet, getrennt, geregelt, verstärkt oder geschaltet etc. werden, gehören alle Feld-Halbleiter-Bauelemente erfindungsgemäß zu „Feldkraftmaschinen“, auch wenn die Feldkräfte/Flüsse der
20 Feldquellen primär nicht zur Erzeugung von Arbeit, sondern nur zur Modulation, Verstärkung, Schaltung, Richtung, etc. des Primärfeldes eines Feldkreises genutzt werden!

Gegenüberstellung der Technologien

25	Majoritäts-Teilchen: Elektronen = Ladungsträger Elektrotechnik Elektronik	Majoritäts-Teilchen: Magnetronen = Magnetisierungsträger Magnetrotechnik Magnetronik
----	--	---

30 Teilchen und Quanten

In der bisherigen Elektrotechnik und Elektronik fließen als Ladungsträger im Leitungsband Elektronen und Elektronen-Löcher als elektrischer Strom. Dieser Stromfluß erzeugt große Wärme, wenn die Ladungsträger mit den Gitteratomen des Leiters/Halbleiterkristalls
35 zusammenstoßen, was auch einen großen Energieverlust mit sich bringt. Die M-Leiter, M-Halbleiter und M-Isolatoren werden in Magnetika und Dimagnetika unterteilt, wobei alle kristallinen und amorphen Stoffe zur Ferro-Gruppe (incl. Ferri) gehören: Fe, Co, Ni und die Lanthanoide Gd, Tb, Dy, Ho, Er. Entscheidend für den Ferromagnetismus ist der relative Atomabstand –
40 unabhängig davon, ob es sich um kristalline oder amorphe Stoffe handelt. Ferromagnetismus zeigen deshalb auch Stoffe wie $MnCu_2Al$, Cu_2MnSn , $MnBi$.

In der Magnetronik sind folgende Teilchen z.B. Magnetronen und Quanten (= magn. Feldquanten = Magnetronen) wirksam:

45 a) Magnetische Flußquanten Φ_0 als Energie-Feldquanten des magn. Feldes (= Quanten, werden auch als Photonen bezeichnet).

b) Magnetonen sind örtlich im Atom fixierte Spinmomente der Elektronen, zumeist auf der 3d-Schale; hieraus folgt die Bohrsche Magnetonzahl als die nach aussen wirksamen Spinmomente des Atoms (andere magn. Momente, z.B. Bahn und Kernmoment, sind vernachlässigbar). Es gibt auch Magnetonen-Löcher = fehlende Spinmomente, sie verhalten sich wie positive magnetische Teilchen im See der negativen Magnetonen.

c) Magnetronen = Bindungen und Magnetronen-Löcher = Bindungs-Lücken, letztere verhalten sich wie positive Quanten und fließen als magnetischer Strom I_m oder Fluß Φ durch den Festkörper.

M-Halbleiter

Magnetische Halbleiter sind z.B. Kobalt und oder Dysprosium, die mit Fremdatomen, z.B. Co + Ni oder Co + Fe, dotiert werden. Der Co-Halbleiterkristall verhält sich analog wie im elektrischen Fall z.B. das Silizium: Die Bindungen zwischen den Valenz-Elektronen (3d) sind ungestört, erst die Fremdatome und ein äußeres Magnetfeld sowie Wärme bringen das entscheidende Verhalten. Mit diesen M-Halbleitern können dann M-Bauelemente wie M-Dioden, M-Transistoren und M-Thyristoren etc. für die Leistungsmagnetronik (z.B. M-IGTB) mit analogem Verhalten gebaut werden.

B. Einschlägiger Stand der Technik / zu lösende technische Aufgabe

Die Magnetronik / magnetische Feld-Halbleiterbausteine & M-/E-Halbleiter-Feldmodulatoren ermöglichen neue Anwendungsbereiche:

Erfindungsgemäß werden statt Elektronenleitung im elektr. Leitungsband jetzt magnetische Flußquanten im magn. Leitungsband genutzt. Insofern gibt es analog der Elektronen und Elektronen-Löcher jetzt Magnetronen (Kopplungen) und Magnetronen-Löcher (Kopplungs-Löcher) im magnetischen Leitungsband.

C. Darstellung der Erfindung

1. Übersicht Funktionsweise

Magnetische Halbleiter, magnetische Störstellenleitung

Das magnetisch halbleitende Material wird durch Dotierung eines Dimagnetikum = ferro-/ferrimagnetischer Feld-Nichtleiter (bzw. Dielektrikum ferro-/ferrielektrischer Feld-Nichtleiter) erreicht.

Als Basiskristall kann z.B. Kobalt oder Dysprosium verwendet werden.

N_m-Halbleiter

Der hochreine Co-Kristall kann z.B. mit Nickel dotiert werden.

Es kann auch ein Dy-Kristall z.B. mit Holmium oder mit Erbium dotiert werden. Folge: Magnetisch negativer Halbleiter N_m.

P_m-Halbleiter

Oder Co-Kristall wird mit Fe dotiert.

Oder Dy-Kristall dotiert mit Terbium bzw. Gadolinium.

Folge: Magnetisch positiver Halbleiters P_m.

Auch die Dotierung von z.B. Kobalt oder Dimagnetikum ($\mu_r=1$) z.B. FeO_2 oder CoO_4 mit Lathanoiden ist möglich.

5 Durch die magnetische Störstellenleitung mit Magnetronen auf der Basis von Magnetonen (μ_B^-) oder mit Magnetronen-Löcher auf der Basis von Magnetonen-Löcher (μ_B^+) entstehen, analog zum elektronischen Prinzip mit N_s und P_s , im magnetischen System N_m - bzw. P_m -Halbleiter.

10 **Magnetische Halbleiterbausteine (bzw. elektrische Feld-Halbleiterbausteine)**
Magnetische Bauelemente sind z.B. M-Dioden, M-Bipolar-Transistoren (M-BT), M-Feldeffekt-Transistoren (M-FET), M-Thyristoren, und auch M-IGBT, etc.

15 Ihr Aufbau ist analog der elektronischen Halbleiterbauelemente mit dem Unterschied, daß die Wirkungsweise auf der Basis magnetischer Flußquanten (bzw. elektrischer Flussquanten) aufgebaut ist. Auch können alle elektronischen Schaltungen analog in magnetische Schaltungen (magn. Spannung, magn. Fluß) umgeformt werden.

20 Magnetische Bipolar-Transistoren werden am Arbeitspunkt geschaltet. M-BT und M-FET sind auch als magnetische Verstärker auslegbar.

Magnetische Halbleiter-Feldmodulatoren für FKG

25 Es gibt magnetische Feld-Leiter, magnetische Feld-Halbleiter und magnetische Feld-Nichtleiter/-Isolatoren (Dimagnetika) (gilt auch im elektrischen Feld mit Dielektrika). Das Kernprinzip des Feldmodulators ist die Steuerung der Leitung der Flußquanten durch

a) eine Sperrschicht = Leitfähigkeitsmodulation (M-BT), oder

30 b) der Steuerung des Flußes durch ein magn. Feld quer zum Kanal (M-FET) = Kanalquerschnittsmodulation.

Beide Prinzipien (Leitfähigkeitsmodulation und Kanalquerschnittsmodulation) können kombiniert werden im M-IGBT-Feldmodulator.

35 Im normalen Feldmodulator erfolgt die Flußsteuerung (Leitfähigkeits- oder Querschnittsmodulation) in einem magnetisch leitenden Material. In der Magnetronik wird das magnetisch leitende durch magnetisch halbleitendes Material ersetzt.

40 Magnetische Halbleiter-Feldmodulatoren können im Feldkraftgenerator eingesetzt werden.

2 Flußleitung / Flußvariation / Flußsteuerung

2.1. Wesentliche Größen

Elektronisches System	\Leftrightarrow	Magnetronisches System
45 1. Elektrische Ladung	\leftrightarrow	Magn. Ladung \rightarrow Magnetisierung
Verschiebungsfluß		magnetischer Fluß
$Q = \int I(t) dt$ [As]		$\Phi = B \cdot A$ [Vs]
2. Verschiebungsdichte	\leftrightarrow	Magn. Flußdichte (Induktion)
$D = \epsilon \cdot E$ [As/m ²]		$B = \mu \cdot H$ [Vs/m ²]
50		

3. Elektrische Stromstärke

$$I_e = U_0 / R_e \quad [A]$$

↔

Magn. Fluß(stärke)

$$(I_m =) \Phi = \Theta_0 / R_m \quad [Vs]$$

5

4. Elektrische Spannung

$$U_e = - \int E(s) ds \quad [V]$$

↔

Magnetische Spannung

$$(U_m =) \Theta = \int H(l) dl \quad [A]$$

5. Elektrischer Widerstand eines homogenen Drahtes

↔

Magnetischer Widerstand eines homogenen Magnetkernes (Drahtes)

$$R_e = (1/\gamma) \cdot l/A \quad [\Omega]$$

$$R_m = (1/\mu) \cdot l/A \quad [A/Wb = A/Vs = 1/\Omega s]$$

$R_e = (1/\epsilon_r) l/A$ im elektrostatischen Feld eines Ferro-/ferrielektrikums

Analogien zwischen elektrischem und magnetischem Kreis

Ohmsches Gesetz des magnetischen Kreises: Als magnetischer Kreis wird der Raum bezeichnet, in welchem sich das magnetische Feld in seiner Gesamtheit ausbreitet. Die für den magnetischen Kreis charakteristischen Größen magnetischer Fluß Φ und Durchflutung Θ stehen in engem Zusammenhang, der den Verhältnissen im elektrischen Stromkreis entspricht.

Im magnetischen Kreis eines magnetischen Leiters/Halbleiters werden Elektronen/Elektronen-Löcher durch magnetische *Teilchen* = Magnetonen/Magnetonen und Löcher und ihre Makros (Domänen etc.) sowie Fluß-Quanten = **Magnetronen** (M^-) (= Bindungen) / **Magnetronen-Löcher** (M^+) (= Bindungslücken), den Austauschwechselwirkungs-Quanten (\rightarrow Austauschintegral) zwischen den magn. Systemen ersetzt.

Die **Magnetronen** (M^-) und **Magnetronen-Löcher** (M^+) im M-Halbleiter wandern nicht (sie sind im Atomgitter ortsfest auf den inneren unaufgefüllten Schalen (FeCoNi 3d4s, Lathanoide 4f5d6s) lokalisiert (beachte thermische Schwingungen), nur die Flussquanten = Magnetronen / Flußquanten-Löcher = Magnetronen-Löcher, breiten sich mit PhasenGruppengeschwindigkeit im Festkörper aus, wenn die (spontane) Polarisation und Kopplung (Bindung) = Austauschwechselwirkung hergestellt wird und sie treten nach außen, wenn eine hierarchische Kette der gerichteten Bindungen besteht (bei Kristallen Polarisation der Kristallkörner (Weissche Bezirke)).

2.2. Klassifikation ferromagnetischer M-Isolatoren, M-Halbleiter, M-Leiter

Magnetische Feld-Leitfähigkeit (Flußquanten) $\mu_r \cdot \mu_0$, Permeabilitätszahl μ_r .

Elektrisches System (Flußquanten) → **Magnetisches System (Flußquant)**

E-Nichtleiter = E-Isolatoren → **M-Nichtleiter = M-Isolatoren im magnetischen Feld**

"In Nichtleitern (Isolatoren) sind die Ladungsträger nicht frei beweglich. Deshalb ist auch das Innere eines Nichtleiters im elektrischen Feld nicht feldfrei. Das Feld greift gleichsam durch den Isolator hindurch
→ Dielektrika.

Im magn. Nichtleiter (magn. Isolator) sind die Magnetisierungsträger (Magnetronen = Flußquanten) nicht frei beweglich. Deshalb ist auch das Innere eines magn. Nichtleiters im magn. Feld nicht feldfrei. Das Feld greift gleichsam durch den magn. Isolator hindurch → Dimagnetika.

Elektrischer Kondensator →

"Wird ein Dielektrikum in ein elektrisches Feld gebracht, so nimmt die elektrische Feldstärke gegenüber der des Vakuums auf den ϵ_r -ten Teil ab, während die Kapazität C_e durch das Einbringen des Dielektrikums das ϵ_r -fache steigt."

Magnetischer Kondensator

Wird ein Dimagnetikum in ein magnetisches Feld gebracht, so nimmt die magnetische Feldstärke gegenüber der des Vakuums auf den μ_r -ten Teil ab, während die magn. Kapazität C_m durch das Einbringen des Dimagnetikums auf das μ_r -fache steigt.

ϵ_r = Permittivitätszahl oder relative Dielektrizitätszahl (dimensionslos)
Wert ϵ_r stets ≥ 1 .

ϵ = Permittivität = $\epsilon_0 \cdot \epsilon_r$ = elektrische Feld-Leitfähigkeit.

Faktor χ_e = elektrische Suszeptibilität
 $\chi_e = (\epsilon_r - 1)$

Für Dielektrika ist $\epsilon_r > 1$ und deshalb $\chi_e > 0$. Für Vakuum $\epsilon_r = 1$ bzw. $\chi_e = 0$.

$\epsilon_r = D_e / D_0$ $\epsilon_r = \epsilon / \epsilon_0$

μ_r = Permeabilitätszahl oder relative Dimagnetizitätszahl (dimensionslos)
Wert μ_r stets ≥ 1 .

μ = Permeabilität = $\mu_0 \mu_r$ = magn. Feld-Leitfähigkeit.

Faktor χ_m = magn. Suszeptibilität
 $\chi_m = (\mu_r - 1)$

Für Dimagnetika ist $\mu_r > 1$ und deshalb $\chi_m > 0$. Für Vakuum $\mu_r = 1$ bzw. $\chi_m = 0$. $\mu_r = B_e / B_0$ $\mu_r = \mu / \mu_0$

- Dielektrika = elektr. Nichtleiter
stets ≥ 1 , $\chi_e > 0$
- diaelektrische Stoffe (Abstoßung)
 $\epsilon_r < 1$, $\chi_e < 0$
- paraelektrische Stoffe (Anziehung)
 $\epsilon_r > 1$, $\chi_e > 0$
- antiferroelektrisch (neutral)
 $\epsilon_r = 1$, $\chi_e = 0$ = unelektrisch
- ferroelektrische Stoffe (Anziehung)
 $\epsilon_r \gg 1$, $\chi_e \gg 0$
- ferrielektrische Stoffe (Anziehung)

- Dimagnetika = magn. Nichtleiter ϵ_r
 μ_r stets ≥ 1 , $\chi_m > 0$ (→ 4-302, 12-70) -
- diamagnetische Stoffe (Abstoßung)
 $\mu_r < 1$, $\chi_m < 0$
- paramagnetische Stoffe (Anziehung)
 $\mu_r > 1$, $\chi_m > 0$
- antiferromagnetisch (neutral)
 $\mu_r = 1$, $\chi_m = 0$ = unmagnetisch
- ferromagn. Stoffe (Anziehung)
 $\mu_r \gg 1$, $\chi_m \gg 0$
- ferrimagnetische Stoffe (Anziehung)

E/M-Systematik Leitfähigkeit

Werkstoffe **Permittivitätszahl** **Permeabilitätszahl**
 Geordnet nach steigender magnetischer Feld-Leitfähigkeit/Permeabilität

5	1.	Dielektrika Jeder Isolator ist letztlich ein schlechter Leiter, beachte dielektrische bzw. dimagnetische Verluste δ (bei $>\epsilon_r$ bzw. $>\mu_r \rightarrow >\delta_c$, bei $<\epsilon_r$ bzw. $<\mu_r \rightarrow <\delta_c$).	ϵ_r	Dimagnetika ($\mu_r \rightarrow \mu_i$)
10	1.1	Antiferroelektrisch $\epsilon_r = 1$ unelektrisch		Antiferromagnetisch $\mu_r = 1$ unmagnetisch Cr, FeO ₂ , CoO ₄ , NiO
15	1.2	Ferroelektrisch $\epsilon_r \geq 1 \dots 10^6$ stark elektrisch		Ferromagnetisch $\mu_r \geq 1 \dots 10^6$ stark magnetisch Fe, Co, Ni, Gd, Tb, Dy, Ho, Er NdFeB (hart) 1,05 CoPI 1,1
20	\uparrow	Paraffin	2,2	
	$>R_e$	Al ₂ O ₃	12	
	$>R_m$	Wasser	81	
	$<\epsilon_r$	Keramik (NDK = Typ-I-K)	10-200	AlNiCo450 3
	$<\mu_r$	Keramik (HDK = Typ-II-K)	700-10 ⁴	FeCoVCr 10
	\downarrow	Ferroelektrische Typ-III-Kond.-		
25	$>\epsilon_r$	Scheibe (z.B. Bariumtitanat), die		3%SiFe 6·10 ³
	$>\mu_r$	durch Reduktions- und Oxidations-		Fe rein 1,5·10 ³
	$<R_e$	prozesse Halbleitersperrschichten		CoFe 1·10 ³
	$<R_m$	bildet, die wie ein Dielektrikum		Mumetall 5·10 ⁴
		wirken (spannungsabhängige C_e)		amorph CoFe 1,5·10 ⁵
30	1.3	Ferrielektrisch $\epsilon_r = 3 \dots 10^3$ stark elektrisch E-Ferrite:		Ferrimagnetisch $\mu_r = 3 \dots 10^3$ stark magnetisch M-Ferrite: (\rightarrow 12-73) n(MeO)·M(Fe ₂ O ₃) Ferrite (hart) 1,3 Ferrite (weich) 1·10 ³
35				
40	2.	Dielektrisch $\epsilon_r < 1$ Abstoßung vom elektrischen Feld		Diamagnetisch $\mu_r < 1$ Abstoßung vom Magnetfeld Cu, Si, Bi, Pb, H ₂ O
45	3.	Paraelektrisch $\epsilon_r > 1$ Anziehung vom elektrischen Feld		Paramagnetisch $\mu_r > 1$ Anziehung vom M-Feld: Al, Pt, Ta, Luft

2.3 Magnetische Halbleiter

2.3.1 Grundlagen und Grundbegriffe der magnetischen Halbleiter

5	E-Teilchen	- Elektron e^- Elektrische Elementarladung als Valenz-/Leitungselektron
10	E-Teilchen	- Defektelektron Im Atom fehlendes Elektron = Loch von äußeren Schalen (→ Valenz-/Leitungselektronen-Loch) (wirkt wie positive Ladung e^+)
	E-Quant	- Elektronen-Bindung bzw. Elektronen-Bindungslücke
15	E-Teilchen	- Bewegung/Leitung der Elektronen bzw. der Elektronen-Löcher
20	M-Teilchen	- Bohrsches Magneton μ_B^- (bei e^-) und μ_B^+ (bei e^+) Magnetonzahl = Maßeinheit für Summe der lokalen Elementarmagnete (den Elektronen-Spinmomenten) → Zahl der magnetisch wirksamen Elektronen der magnetisch unkompensierten inneren Elektronenschale je Atom. Diese sind nur eine <i>notwendige</i> , aber <i>nicht hinreichende Voraussetzung</i> für den Ferromagnetismus (Sättigungspolarisation).
25	M-Quant	- Magneton M^- bei μ_B^- = Kopplung (Bindung) zwischen <i>zwei</i> Spinmomenten = Elementar- Maßeinheit (Feld-Quanten) und quantifizierbar → Flußquant Φ_0 .
30	M-Quant	- Magneton-Loch M^+ = Defektmagneton bei μ_B^+ Fehlende Kopplung zwischen zwei Spinmomenten
35	M-Quanten	- Bewegung/Leitung M^- , M^+ Im magnetischen Halbleiter werden statt Elektronen und Elektronen-Löchern magnetische Bindungen = magnetische Kopplungen (Magnetronen) und magnetische Löcher (Magnetronen-Löcher) bewegt. → Magnetische Halbleiterbauelemente, z.B. M-Diode, M-Transistor, M-Thyristor, und M-Halbleiter-Feldmodulator
40	M-Teilchen	- Atom-Magneton $A\mu_B^-$ und Atom-Magneton-Loch $A\mu_B^+$ Summe = Anzahl der Spinmomente μ_B im Atom (nicht Bindungen)
45	M-Quanten	- Atom-Magneton AM^- Bindung der Summe der Spinmomente = Kopplung über Austauschwechselwirkung zum relativen Atomabstand (→ Bethe-Slater-Kurve) (=Kraftwirkung durch Überlappung der Elektronenschalen und damit verbundener Austausch von Elektronen unter benachbarten Atome bzw. Ionen).
50		<i>Kopplungskräfte bewirken, daß sich Atommagnete parallel stellen</i>

einzelnen Atome. Die Kopplung/ Bindung/
Austauschwechselwirkung ist die *hinreichende Voraussetzung* für
Ferromagnetismus. Das *Magnetron* ist in der Magnetronik ein
Kopplungs"träger" = *Ferro-Magnetisierungs-Gruppe*.
Beachte Spinstellung und Kopplung bei *Ferrimagnetismus*.
M-Quanten - Atom-Magnetron-Loch AM^+ = fehlender
Kopplungs-/ Bindungs- "träger" = Defekt-Atom-Magnetron
= Defekt-Spinmoment-Kopplung-Gruppe

2.3.2 Magnetische Feld-Leitfähigkeit von Festkörpern

Zahl und Magnetronen-Beweglichkeit (Beweglichkeit der
Austauschwechselwirkung) und spontan magnetisierte Domänen in den
verschiedenen Stoffen, bestimmen ihre spezifische Eignung zur Leitung des
Magnetstromes (Magnetronen = Flußquanten).

M-Leiter ($\mu \geq 1 \rightarrow \max$)	M-Halbleiter	M-Nichtleiter = M-Isolatoren ($\mu \geq 1$)
Ferromagnetikum	Kobalt + FA	Ferromagnetikum
Ferrimagnetikum	Dysprosium + FA	Ferrimagnetikum
	= Wirtskristalle	Antiferromagnetikum $\mu = 1$
	FA = Fremdatome	

Magnetische Metalle, magnetische Isolatoren, magnetische Halbleiter

Magnetische Leiter (\rightarrow Magnetikum)

In *magnetischen Metallen* (Ferromagnetismus) ist die Zahl der gebundenen
magnetischen Flußträger (Elektronen-Spinmoment-Kopplung der inneren
unkompensierten Schalen = Elementar-Magnetron) groß, die
Magnetronen-Beweglichkeit (Verschiebung / Drehung von Spinmoment-
Kopplungs-Gruppe = Domänen) ist jedoch verschieden, je nach hart- (schwer)
oder weich-magnetisch (leicht).

Magnetische Isolatoren (\rightarrow Dimagnetikum)

In *magnetischen Isolatoren* (\rightarrow Paramagnetismus) ist die Zahl der durch
Austauschwechselwirkung gebundenen Spinkopplungen = Magnetronen /
Magnetronen-Löcher praktisch Null (Fe-Einzelatom = paramagnetisch) und
dementsprechend die magnetische Leitfähigkeit wegen fehlender
Spinmoment-Kopplungen (= Magnetronen) verschwindend klein.
Der Zustand der Nicht-Leitfähigkeit tritt auch bei Überschreitung der
Curie-Temperatur ein, beachte μ -T-Kennlinie.

Magnetische Halbleiter

Die magnetische Leitfähigkeit von *magnetischen Halbleitern* liegt zwischen den
von magnetischen Metallen und magnetischen Isolatoren, sie ist stark abhängig
vom *Druck* (beeinflusst Beweglichkeit der magn. Flußträger = Magnetronen),
Temperatur (Zahl und Beweglichkeit der Magnetronen),
äußere *Feldeinstrahlung* (Zahl der Magnetronen), und zugeführten
Fremdstoffen (Zahl und Art der Fremd-Magnetronen/-M-Löcher).

Dotierung mit Fremdatomen (FA)

Durch *Dotieren* (kontrollierter Einbau von magnetisch wirksamen Fremdstoffen) lässt sich die magnetische Leitfähigkeit von magnetischen Halbleitern definiert und lokalisiert einstellen. Dies ist auch die Grundlage eines magnetischen Feld-Halbleiter-Feldmodulators als Bauelement des FKG.

2.3.3 Spezifischer magnetischer Widerstand/Leitfähigkeit

Magnetische Leitfähigkeit/Permeabilität $\mu = \mu_r \mu_0$:

Wie der Ohmsche Widerstand R_e ist auch der magn. Widerstand R_m proportional zur Länge des magn. Leiters (l_m = mittlere Länge) und umgekehrt proportional zur Querschnittsfläche wirksam.

Der spezifische magnetische Widerstand von magn. Halbleitern liegt *zwischen* dem magn. Leiter und dem von magn. Nichtleitern. Er ist stark von der Dotierung mit Fremdatomen, der Temperatur wie dem Magnetfeldeinfall H (= elektromagnetische Welle mit Poyntingvektor $S = E \times H$, Komponente H wirksam) abhängig.

Spezifischer magn. Widerstand $\rho_m = 1/\mu$ [$\rho_m = A/Wb \text{ mm}^2/m$]

magn. Leitfähigkeit/Permeabilität $\mu = 1/\rho_m = \mu_0 \mu_r = B/H$

magn. Widerstand $R_m = (1/\mu) \cdot l/A = \Theta/\Phi$ [$A/Wb = A/Vs = 1/\Omega s$]

Bohrsche Magnetonen

Bohrsche Magnetonen \rightarrow magn. wirksame Elektronen je Atom (= Magnetontenzahl je Atom) bewirken die Magnetisierung, wandern aber nicht¹⁾.

1): Magnetisches Moment

"Das Bahnmoment trägt zum Magnetismus des Atoms praktisch nichts bei, sondern nur das Spinnmoment des Elektrons. Die Einheit dieses Moments heißt Bohrsches Magneton. Die ferromagnetischen Elemente haben im Mittel je Atom eine charakteristische Zahl von n Magnetonen (μ_B^-). Diese kann mit Hilfe der Neutronenbeugung experimentell bestimmt werden. Daraus kann die Sättigungspolarisation J_s und Sättigungsmagnetisierung M_s berechnet werden.

Bohrsches Magneton, die Größe ist $\mu_B = 9,2742 \cdot 10^{-24} \text{ A} \cdot \text{m}^2$.

Mit Feldkonstante μ_0 multipliziert erhält man

$$\mu_B^- = 1,1654 \cdot 10^{-29} \text{ V} \cdot \text{s} \cdot \text{m}.$$

Element	n
Eisen	-2,218 (negativ wegen μ_B^- von e^-)
Kobalt	-1,714 "
Nickel	-0,604 "

Das magnetische Moment hat die Dimension $A \cdot m^2$, die Magnetisierung als magn. Moment je Volumeneinheit die Dimension $A \cdot m^2/m^3 = A/m$ (gleiche Einheit wie die Feldstärke).

Makro-Magnetonen

a) In kristallinen Stoffen: Kristallkörner (Makros) mit ihren gerichteten Atom-Momenten = spontan gerichtet über magn. Kopplungs-/Bindungskräfte der Atome (Spinnmoment-Kopplung/Bindung).

Permeabilität abhängig von Kristallenergie, Magnetostriktion, Strukturparameter wie Kristallkorngröße, Zahl und Art der Gitterfehler und Fremdkörper, innere Spannungen u.a.

- b) In amorphen Stoffen: Atom-Momente sind direkt wirksam.
Permeabilität abhängig von lokalen Anisotropien sowie durch die durch Magnetostriktion bedingten Spannungen neben Oberflächenrauigkeit.

5 Makros in Legierungen = Weissche Bezirke

a) Im kristallinen Stoff:

Weissche Bezirke (Bezirk spontaner Spinausrichtung (= Korn = Kristallit) = Vorzugsrichtung der Atommagnete (Magnetonen) durch Kräfte zwischen der spontanen Magnetisierung und dem Kristallgitter = magn.

10 Anisotropiekräfte = Kristallanisotropie) hängen allein von den Kopplungs-/Bindungskräften zwischen den Atomen ab *ohne Mitwirkung eines äußeren Magnetfeldes*.

15 → Bei Einkristallen sind keine Korngrenzen vorhanden und die Elementarzellen (EZ) liegen parallel zueinander. Eine Elementarzelle ist das kleinste Volumen, durch dessen identische dreidimensionale Wiederholung das Kristallgitter aufgebaut ist.

→ Korn = Kristallit = Weisscher Bezirk = magn. Vorzugsrichtung

→ Makro-Einheit der Elektron-Momente/Atom/Atomlayer/Elementarzelle/Kristall.

20 Prozesse: 1. Verschiebung + 2. Drehung.

b) Im amorphen Stoff (hat keine geordnete Raumgitter, d.h. keine Kristallkörner und keine Korngrenzen):

25 Weissche Bezirke hängen allein von Kopplungs-/Bindungskräften zwischen den Atomen ab *ohne Mitwirkung eines äußeren Magnetfeldes*.

Eine bestimmte Ordnung besteht nur im Nahbereich. Modell: Metallatome sind in dichten Kugelpackungen angeordnet (Tetraeder-Kugelhaufen (Cluster)); Ordnungsgrad und Symmetrie sind nicht so hoch und Packung nicht so dicht und raumerfüllend, dass ein Kristall entstehen könnte.

30 → Makro-Einheit der Elektron-Momente/Atom/Atomlayer/Elementarzelle (= Kugelpackung).

Prozesse: fast nur Drehprozesse, da keine Anisotropiekonstante vorhanden ist.

35 Spinkopplung benachbarter Atome → Kopplungskräfte, Abstand der Atome

→ Austauschwechselwirkung (Bethe-Slater-Kurve) → Ferromagnetismus

→ Weissche Bezirke primär durch Kopplungskräfte magnetisiert (in kristallinen und amorphen Stoffen) (Synonym: Kopplung = Bindung).

40 Flußquanten-Makros = Magnetronen-Makros

Die magn. Energie der Magnetonen ist im Raum zwischen den Magnetonen durch Magnetronen lokalisiert und breitet sich durch Flußquanten Φ_0 (= Magnetronen) aus.

45 Die Magnetronen bilden durch Austauschwechselwirkung Makros, die wiederum Magnetronen-Makros bilden - entsprechend der hierarchischen Ordnung im ferro-/ferrimagnetischen Festkörper.

Je höher die magnetische Leitfähigkeit, um so besser die (Makro-) Magnetronen-Beweglichkeit = Ausbreitung der Flußquanten (Quantenmakros entsprechend der hierarchischen Ordnung der Makros Atome, Layer/Cluster, Einkristalle, Kristallite, ...). Bei magnetischen *Teilchen* = Magnetronen-Makros:

50

Verschiebungs- und Dreh-Prozesse. Sehr hohe Beweglichkeit / Ausbreitung der Magnetronen-Makros (Atome, Atomlayer, Elementarzelle, Einkristall/Kristallite) bei magnetischer Flüssigkeit (vgl. Ionen-transport).

5

Systemetik magnetischer Teilchen und Quanten

A. Schema Magnetronisches System

Struktur gemäß Festkörper-Hierarchie

Parallele Spinausrichtung in:

10

1) Elektronen-Spinmoment

= Bohrsches Magneton $= \mu_B^{\pm} = p_m^{\pm} \cdot \mu_0$

→ Magnetron M^{\pm} = Flußquant.

2) Atom-/Ion-Magnetron

= Bohrsche Magnetronenzahl $A\mu_B^{\pm} = n \cdot \mu_B^{\pm}$

→ Atom-Magnetron AM^{\pm} = Flußquant.

15

Magnetisches Ion I_m^{\pm} bei $A\mu_B^{\pm}$.

3) Atom-/Ion-Elementarzelle kristallin/amorph

4) Atom-Layer

5) Weisscher Bezirk (kristallin oder amorph)

20

6) Festkörper aus n Weisschen Bezirken

B. Strukturdetails

1. Negative Elementar-Magnetisierung = Magnetron $= \mu_B^{-}$

(Ursache negative Elektron-Ladung e^{-} → negatives Spinmoment μ_B^{-})

= negatives Moment eines Elektrons ($= \mu_B^{-}$) = Valenz-Magnetron

25

1.1 Magnetron-Loch (fehlendes Magnetron $= \mu_B^{+}$)

(Ursache positive Elektron-Ladung e^{+} oder fehlende Ladung → positives Spinmoment μ_B^{+})

= positives Moment eines Magnetons (→ positive Elementar-Magnetisierung)

30

= äquivalent fehlende Magnetisierung/magn. Moment = Valenz-Magnetron-Loch

1.2 Magnetronen (M^{-})/Magnetronen-Loch (M^{+})

Negative bzw. positive Elementar-Flußquanten sind die Feldrelationen/-quanten

= Magnetronen/Magnetronen-Löcher

35

= magnetische Energie im Raum zwischen den Magnetronen bzw.

Magnetronen-Löchern.

→ Leitungs-Magnetron/-Magnetron-Loch

40

2. Negative Magnetisierung Atom

= Atom-Magnetron $A\mu_B^{-} = n \cdot \mu_B^{-}$

= negatives Moment des Atoms

2.1 Positive Magnetisierung Atom

= Atom-Magnetron-Loch $A\mu_B^{+} = n \cdot \mu_B^{+}$

45

= positives Moment des Atoms

= äquivalent fehlende Atom-Magnetisierung

2.2 Atom-Magnetronen (AM^-) / Atom-Magnetronen-Löcher (AM^+)

= Negative bzw. positive AM-Flußquanten
 = magnetische Energie im Raum zwischen den
 Atom-Magnetronen/A-Magnetronen-Löchern.

2.3 Magnetisch negative oder positive Ionen I_m^\pm

2.3.1 Magnetisch positives Ion

Im allgemeinen sind nur aus Elektronen-Spinmomenten erzeugte
 Magnetronen (μ_B^-) und Magnetronen-Löcher (verhalten sich wie positive
 Magnetronen (μ_B^+), sowie ihre zugehörigen Magnetronen (Bindungen) und
 Magnetronen-Löcher (Bindungslücken), letztere verhalten sich auch wie
 positive Magnetronen), vorhanden.

Wenn 1 AM^- als Leitungsmagnetron $A\mu_B^-$ verläßt, fehlt eine Bindung
 → daraus entsteht ein magnetisch positives Ion (I_m^+)

I_m^+ = magn. positives Ion: Fehlen einem Atom Magnetronen (Bindungen),
 ist es magnetisch positiv magnetisiert, es entsteht ein N_m -Feld-Halbleiter.

2.3.2 Magnetisch negatives Ion

Wenn 1 AM^- als Leitungsmagnetron bei $A\mu_B^-$ fehlt, hinterläßt es eine
 Bindungslücke,

→ daraus entsteht ein magnetisch negatives Ion (I_m^-)

I_m^- = magn. negatives Ion: Hat das Atom mehr Magnetronen-Löcher, ist es
 magn. negativ magnetisiert, es entsteht ein P_m -Feld-Halbleiter.

2.3.4 Beachte bei magnetischen Ionen:

Bei elektrischen Ionen I_e ist das Atom dann absolut elektrisch neutral, wenn die
 Elektronenzahl gleich der Protonenzahl im Kern ist.

Idealer M-Isolator = magnetisch neutral

Bei magnetischen Ionen I_m ist das Atom magnetisch absolut neutral, wenn die
 Bohrsche Magnetronenzahl in der Elektronenhülle = null ist = magnetisches
 Null-Niveau der Spinmomente der Elektronenhülle = idealer M - Isolator. Das
 System ist nicht logisch gleich dem elektrischen System, d.h. den magnetischen
 Momenten der Protonen im Kern; die Kernmomente sind viel schwächer als die
 Spinmomente und tragen fast nichts zur Magnetisierung bei.

Es gibt im magnetischen System zwei Niveaus:

a) Das *absolute Niveau* mit absolut negativen oder positiven Spinmomenten (Fe,
 Co, Ni hat negatives $A\mu_B^-$, weil von negativen Elektronen kommend und im
 Überschuß (im zeitlichen Mittel parallel zu antiparallelen Momente).

b) Das *relative Niveau*: Wenn $A\mu_B^-$ des Atoms im Vergleich zum umgebenden
 Halbleiter-Atom (z.B. Co) negativ oder positiv ist (→ magn. Störstellenleitung),
 so dass in Bezug zum $A\mu_B^-$ des Kristalls das Bohrsche Magnetron der
 Fremdatome kleiner (→ I_m^+ z.B. Fe zu Co → P_m -Leiter) oder größer ist
 (→ I_m^- z.B. Ni zu Co → N_m -Leiter).

Die Magnetisierungs- bzw. Bindungsbasis ist das magnetische
 Kristall-Gitter (im elektrischen Falle ist die Elektronenpaar-Bindung des -
 elektrischen Kristall-Gitters die Basis). Bei sehr niedrigen Temperaturen sind
 e-Halbleiter elektrische Nichtleiter = Dielektrikum.

Bei M-Halbleitern hängt die Leitfähigkeit (Austauschwechselwirkung aufgrund Kopplung der Spinnomente mit relativem Atomabstand) ebenso von der Temperatur ab, analog der Nichtleitfähigkeit im e-Halbleiter bei $< T$, \rightarrow Diamagnetismus (Fig. 140 und 141).

Durch ein spezielles Stoff-Design kann man diese Nicht-Leitfähigkeit bei tiefen Temperaturen umkehren. (Fig. 141)

Durch Anhebung der Temperatur wird, analog wie im e-Halbleiter, die magn. Leitfähigkeit erhöht, dadurch werden Bindungen hergestellt \rightarrow es entstehen frei beweglich Leitungsmagnetronen (Bindungen = M-Kopplungen zwischen den Atomen).

Beim M-Halbleiter sind die Magnetonenpaar-Bindung = Magnetronen; die Atome werden dadurch mit der magnetischen Komponente zusammengehalten.

3. Atom-/Ion-Elementarzelle kristallin/amorph

Kristallines Metall: Atomordnung = streng periodische Anordnung in Raumgitter = Elementarzelle (verschiedene Konfigurationen)

Elementarzelle = Ordnung mit Raumgitter.

m Gitterpunkte des Raumgitters mit Atom-Elementarmagnete, Kopplung durch Austauschwechselwirkung (\leftrightarrow Atomabstände) benachbarter Spins

$\rightarrow n$ wirksame Elementarmagnete $< m$ Gitter-Atome
Beachte Elementarzellen-Magnetron und Magnetron

Amorphes Metall: Atomordnung = regellos angeordnet

Elementarzelle = Ordnung nur im Nahbereich
verschiedene Konfigurationen:

= Tetraeder oder Ikosaeder mit je m Eck-Atomen

S Tetraeder oder S Ikosaeder bilden einen

Kugelhafen/Cluster m Eckpunkte mit

Atom-Elementarmagneten, Kopplung durch

Austauschwechselwirkung (\leftrightarrow Atomabstände) benachbarter Spins

$\rightarrow n$ wirksame Elementarmagnete $< m$ Eck-Atome
Beachte Elementarzellen-Magnetron und Magnetron

4. Atom-Layer

\rightarrow Ferromagnetismus-Elementarzelle (FEZ)

Ursache = S Elementarzellen (Raumgitter oder Cluster) $\rightarrow AL\mu_B^+ = s \cdot n \cdot \mu_B^+ = FEZ$

Min. S = 6 Schichten (S) = Beginn des Ferromagnetismus.

Beachte bei kristallinen Stoffen: Ordnung isotrop oder Richtungsordnung (anisotrop) mit bestimmter magn. Vorzugsrichtung (Magnetfeldglühung, etc.)

4.1 Atom-Layer-Magnetron

= negative Atom-Layer-Magnetisierung $AL\mu_B^-$

= negatives Moment eines Atomlayers

4.2 Atom-Layer-Magnetron-Loch = $AL\mu_B^+$

= positives Moment eines Atomlayers

4.3 → ALM^- Magnetron und ALM^+ Magnetron-Loch = Austauschwechselwirkung der FEZ

Negative bzw. positive AL^*/AC^+ -Flußquanten sind die Feldrelationen/-quanten = magnetische Energie im Raum zwischen den ALM^- bzw. ALM^+ -Löchern. Die ALM^+ treten wegen des Beginns des Ferromagnetismus ab der 6. Schicht als ALM^+ -Flußquanten nach außen und ermöglichen die Ferro-Magnetisierung der Kristalle und damit die Weisschen Bezirke.

5. Weisscher Bezirk (kristallin oder amorph)
→ einheitliche Spinrichtung im Weisschen Bezirk (Mikro-Spinmoment)
Kristallin: Einkristall/Kristallkorn (Kristallit) aus FEZ
Kristallkörner = Kristallite (bestehen aus über größere Bereiche regelmäßig (streng periodisch) angeordneten Raumgittern)
Amorph: regellose Anordnung direkt aus den FEZ

6. Festkörper aus n Weisschen Bezirken
→ Makro-Spinmoment = Permanent-Magnet (PM)

2.3.4 M-Halbleiterkristall

Magnetische Leitfähigkeit von magnetischen Halbleitern

Die genaue Kenntnis der magnetronischen statt elektronischen Struktur der Festkörper ist notwendig.

M-Leiter Typen-Klassifizierung

M-Nichtleiter: $\mu_r \geq 1$ bis $>10^4$, z.B. auch hartmagn. Stoffe mit $\mu_r \approx 1,06$
M-Halbleiter: $\mu_r 10^4$ bis $>10^5$
M-Leiter: $\mu_r 10^6$ bis $>10^6$

Temperaturabhängige M-Halbleiter

M-Halbleiter sind bei

- tiefe Temperaturen M-Nichtleiter und bilden freie Magnetronen bei Normaltemperatur (= gesteigerte magn. Leitfähigkeit)
- M-Halbleiter mit umgekehrter Temperatur-Leitfähigkeits-Funktion lassen sich in umgekehrter Funktion im Tieftemperaturbereich verwenden.

Entgegen den elektrischen Halbleitern sind magnetische Halbleiter bei sehr tiefen Temperaturen auch magnetische Leiter, wenn man sie so designed (Stoffdesign)!

M-Halbleiter → analoges Verhalten wie elektronische e-Halbleiter;
→ Verhalten wie Anti-M-Halbleiter.

Die Leitfähigkeit des magn. relativen M-Isolators läßt sich durch Zusetzen von M-Fremdstoffen/M-Fremdatomen bei (M-Halbleiter Dotieren, bei M-Leiter Legieren) oder durch äußere Einflüsse, z.B. durch magnetische Felder, stark beeinflussen. Als Basismaterial wird ein relativ magnetischer "Nichtleiter" = M-Isolator, z.B. Cobalt oder Dysprosium (etc.) als M-"Isolator"-Atom, ohne freie magnetische Spinmoment-Kopplung, d.h. ohne freie Leitungsmagnetronen, d.h.

a) bei $T > T_C$ oder

b) bei sehr tiefer Temperatur (→ μ -T-Kennlinie) verwendet

Magnetische Eigenleitung

Durch *Wärmeezufuhr* oder magn. Feldeinwirkung werden auch in undotierten M-"Isolatoren" freie magnetische Magnetronen (= Flußträger = Magnetisierungsträger) erzeugt: Spinnmoment-Spinnmoment-Loch-Paare ($\mu_B^- \rightarrow M^+$), die zu einer Eigenleitfähigkeit des M-"Isolators" führen ($\rightarrow \mu$ -T-Kennlinie).

Ferromagnetische Makro-Quanten ALM^- und ALM^+ der Atom-Layer

Spinnmoment-Kopplung/-Bindung = nicht das Spinnmoment alleine (= M-Teilchen), sondern die Spinnmoment-Kopplung über Austauschwechselwirkung aufgrund des relativen Atomabstandes führt zu Ferromagnetismus, d.h. M-Makro-Quanten. Diese ferromagnetischen M-Makro-Quanten sind die *eigentlichen* Magnetronen, denn diese bewirken bei der Temperatur T erst die magnetische Leitfähigkeit; wenn die Bindung nicht da ist, dann besteht auch kein magnetischer Strom/Fluß von Magnetronen bzw. Magnetronen-Löchern (beachte auch die magn. Wirkung der Atommagnete in der Elementarzelle).

 N_m -Dotierung

N_m -Dotierung: Einbau von Fremdatomen mit *einer freien* magnetischen Spinnmoment-Kopplung, d.h. das Atom muß ein magnetisches Spinnmoment *mehr* haben als das M-"Isolator"-Atom. Jedes eingebaute M-Fremdatom liefert also ein freies, "*negatives*" Spinnmoment und zugehörige Bindung (= magnetische N_m -Kopplung). Der M-"Isolator" wird magnetisch N_m -leitend.

 P_m -Dotierung

P_m -Dotierung: Einbau von Fremdatomen mit *einer fehlenden* Spinnmoment-Kopplung, d.h. das eingebaute Fremdatom erzeugt magnetische *Kopplungslücken* ("positiv" magnetische "Löcher" = Magnetronen-Löcher), denn zur vollständigen Kopplung mit dem Nachbaratom über Austauschwechselwirkung fehlt dem Fremdatom ein "*positives*" Spinnmoment und zugehörige P_m -Bindung.

Diese *Bindungslücke* heißt **magnetisches Loch** oder Defekt-Magnetron. M-Löcher sind im M-"Isolator" beweglich. In einem magnetischen Feld wandern sie in *entgegengesetzte* Richtung wie die Magnetronen-Kopplungen. M-Löcher verhalten sich wie freie *positive* M-Kopplungen. Jedes eingebaute M-Fremdatom liefert also ein freies, positiv magnetisiertes Defekt-Magnetron (magnetisches Loch). Der magnetische "Isolator" wird magnetisch P_m -leitend.

 $P_m N_m$ -Übergang / Grenzbereich im magnetischen Halbleiter

Der Grenzbereich zwischen einer P_m -leitenden Zone und einer N_m -leitenden Zone im *selben* M-Halbleiterkristall wird $P_m N_m$ -Übergang genannt.

 $P_m N_m$ -Übergang *ohne* äußere magnetische Spannung

Im P_m -Gebiet sind sehr viele magnetische Löcher (○), im N_m -Gebiet extrem wenige; im N_m -Gebiet sind sehr viele Magnetronen (●), im P_m -Gebiet extrem wenige. Dem Konzentrationsgefälle folgend diffundieren magnetische Magnetronen (Flußquanten = Magnetisierungsträger) ins jeweils andere Gebiet (magnetische Diffusionsströme/-flüsse).

Durch den Verlust an magnetischen Löchern (Kopplungs-/Bindungs-Lücken)

magnetisiert sich das P_m -Gebiet magnetisch *negativ* auf; durch den Verlust an magnetischen Kopplungen/Bindungen magnetisiert sich das N_m -Gebiet magnetisch *positiv* auf.

Dadurch bildet sich zwischen P_m - und N_m -Gebiet eine magnetische Spannung aus (Diffusionsspannung), die der magnetischen (Kopplungs-/Bindungs-)Trägerwanderung (= Magnetronenwanderung) entgegenwirkt.

Der Ausgleich von magnetischen Löchern (= Magnetronen-Löcher) und magnetischen Kopplungen (= Magnetronen) kommt hierdurch zum Stillstand.

Ergebnis: Am $P_m N_m$ -Übergang entsteht eine an beweglichen Kopplungen(trägern) verarmte, magnetisch *schlecht leitende* Zone, die Raummagnetisierungszone oder *Sperrschicht*, in ihr herrscht ein starkes magnetisches Feld.

$P_m N_m$ -Übergang mit äußerer magnetischer Spannung (Fig. 142)

Sperrfall (1) : Magnetischer Minuspol (**S**) am P_m -Gebiet und magnetischer Pluspol (**N**) am N_m -Gebiet *verbreitert* die magnetische Raummagnetisierungszone: Infolgedessen ist der magnetische Stromfluß *gesperrt* bis auf einen geringen Rest (M-Sperrstrom/-fluß), der von den Minorität-Magnetisierungsträgern herrührt.

Durchlassfall (2): Magnetischer Pluspol (**N**) am P_m -Gebiet und magn. Minuspol (**S**) am N_m -Gebiet baut die Sperrschicht *ab*.

(Kopplungen-/Bindungen-) Magnetisierungs-Träger (= Magnetronen) überschwemmen den $P_m N_m$ -Übergang, und es fließt ein großer magnetischer Strom/Fluß in Durchlassrichtung.

M-Durchbruchsspannung: Magnetische Spannung in Sperrrichtung, von der ab eine geringe magnetische Spannungserhöhung einen steilen Anstieg des magnetischen Sperrstroms (-flußes) hervorruft.

Ursache: Herauslösen gebundener Magnetronen aus dem Kristallgitter in der Raummagnetisierungszone infolge hoher M-Feldstärke oder infolge von Stößen beschleunigter Magnetronen, die andere Magnetronen aus ihren Bindungen der inneren Elektronenschalen schlagen (es entstehen magnetische Löcher (Bindungslücken), weil koppelnde Spinmomente fehlen), was zu lawinenartiger (Kopplungs-/Bindungs-) Magnetisierungs-Träger-Vermehrung (= Magnetronenvermehrung) führt (magnetischer Lawinendurchbruch).

2.3.5 Atomarer Aufbau

M-Halbleiter bilden ein Kristallgitter. Je zwei M-Halbleiter - Atome haben n gemeinsame Spinmomentpaare (= Magnetronen durch ungesättigte Elektronenbesetzung), die durch Kopplungskräfte der Spinmomente ab sechs Atomlagen/Layer (bei Kristallen) bei $T < T_C$ ein Ferromagnetikum bilden.

Bohrsche Magnetonen-Zahl n je Atom = $A\mu_B^-$:

Fe je Fe-Atom von sechs 3d-Elektronen im zeitlichen Mittel $-4,1$ parallel und $-1,9$ antiparallel gerichtet, so dass

$-2,218$ als *wirksam nach aussen* übrigbleiben, deshalb $A\mu_B^-$

Co = -1,714 je Atom wirksam nach aussen (negativ wegen μ_B^- von e^-)
 Ni = -0,604 je Atom wirksam nach aussen "
 → Elektronen-Spinmoment-Bindung durch Austauschwechselwirkung mit den Spinmomenten der Nachbaratome.

Die M-Elementhalbleiter haben z.B. bei Kobalt 3d7 Valenz-Magnetonen (= Spinmomente), die mit Magnetonen der Nachbaratome im zeitlichen Mittel bei $T < T_C$ zum großen Teil *keine* magn. Magnetonenpaarbindungen (Kopplungen durch Austauschwechselwirkung) eingehen, weil dieser große Teil der Elektronenschalen im Atom schon aufgefüllt ist.

Die unaufgefüllten Elektronenschalen/-Orbitale, d.h. die nach aussen durch Magnetonen *wirksamen* Magnetonen $A\mu_B^-$ (vgl. wirksame Bohrsche Magnetonen), können Kopplungen bilden und erzeugen dadurch die spontane Magnetisierung.

Atommomente sind bei Temperatur $T > T_C$ ungekoppelt, das Einzelatom ist paramagnetisch.

Durch gerichtete Energiezufuhr (H-Feld) können einzelne "freie" Magnetonen ausgerichtet (polarisiert) und bei $T < T_C$ gekoppelt werden mit der Folge, daß diese "freien", im Einzelatom ungesättigten, nun nach außen gerichtet wirksamen Magnetonen, im Kristall die gekoppelte und gerichtete kohärente Überlagerung, durch *funktionsabhängige* Addition der Magnetonen (M-Influenzfunktion im Stoff) mit den "freien" Magnetonen der Nachbar-Atommomente, bewirken.

Im *magnetischen Bändermodell* entspricht dieser Polarisations-, Koppel-/Bindung und Überlagerungs-Vorgang (betrifft in der Hierarchie auch die Kristallite) der Anhebung von Magnetonen vom M-Valenzband (MVB = unpolarisiert, ungekoppelt, nicht überlagert, nicht im Fernfeld addierte Magnetonen → nicht leitend) in das M-Leitungsband (MLB = Leitungsband = Permeabilitätsband = polarisiert, gekoppelt, überlagert, im Fernfeld addierte Magnetonen → leitend).

Die Anhebung ins magnetische Leitungsband entsteht
 a) durch Absenkung der Temperatur $T < T_C$, oder
 b) Anhebung der Temperatur ins M-Leitungsbereich mit $T < T_C$, d.h. das M-Leitungsband ist temperaturabhängig.

Hat das Atom überschüssige nach aussen wirksame magnetische Momente, so ist es magnetisch negativ (analog wie ein elektrisch negativ geladenes Ion) → magnetisch negatives Ion = I_m^- .

Fehlende magnetische Momente (Mangel) bedeutet analog magnetisch positives Ion = I_m^+ . Die fehlenden wirksamen Magnetonen werden Defektmagnetonen oder Magnetonen-Löcher genannt. Sie verhalten sich im See der negativen Magnetonen wie positive magnetische Teilchen (Positron-Magneton). Gleiches gilt für die magnetische Austauschwechselwirkung durch Magnetonen und Magnetonen-Löcher als magnetische Flußquanten / Flußquanten-Löcher (Defekt-Flußquanten)

2.3.6 Magnetische Eigenleitung

Unterhalb der Curietemperatur besteht magnetische Leitfähigkeit (hohe Permeabilität) beim M-Halbleiter. Unterhalb dieser Temperatur T_C sind die Magnetisierungsträger = Flußquanten Φ_0 = Leitungsmagnetronen¹⁾ frei beweglich, d.h. sie können sich ausbreiten, überlagern und kohärent addieren²⁾, wenn sich die Atommagnete (spontan) *parallel* stellen, d.h. im Nah- und Fernfeld polarisiert und durch Austauschwechselwirkung gerichtet gekoppelt sind und dadurch ein Leitungsband bilden.

1): Im elektrischen Fall Elektronen = Ladungsträger = Leitungselektronen im Leitungsband.

2): Kohärenz: Überlagert man Wellen^{a, b)}, zwischen denen eine feste Phasenbeziehung besteht, dann addieren sich deren Amplituden vorzeichengerecht (\rightarrow ESR).

a) Kohärente Überlagerung

$$\text{kohärent} = (A_1 + A_2)^2$$

b) Inkohärente Überlagerung

$$\text{inkohärent} = A_1^2 + A_2^2 = I_1 + I_2$$

- Örtliche Kohärenz

- Zeitliche Kohärenz: Kohärenzzeit, Kohärenzlänge

Magnetischer Kreis

Ist der Feldquerschnitt A gegeben und wird dieser rechtwinklig vom Fluß Φ durchsetzt, dann ergibt sich die magn. Flußdichte $B = \Phi/A$. Besonders beim Durchsetzen von Luftzwischenräumen kommt es dazu, dass ein Teil der Feldlinien außerhalb des Feldquerschnitts A verläuft. Der dadurch entstehende Streufluß Φ_S vermindert den Gesamtfluß Φ_G und für den Nutzfluß gilt $\Phi_N = \Phi_G - \Phi_S$. Streugrad bzw. Streufaktor $\sigma = \Phi_G / \Phi_N$ (Fig. 143).

\rightarrow Scherung der Magnetisierungskurve, Flußdichte / M-Stromdichte bei gegebener Durchflutung / M-Spannung.

Beachte im Folgenden:

a) die technische Stromrichtung (I_m) $\Phi = + \rightarrow -$

Magnetronen M^- fließen vom N-Pol \rightarrow S-Pol

Magnetronen-Löcher M^+ fließen vom S-Pol \rightarrow N-Pol

b) Physikalisches Verhalten (I_m) $\Phi = - \rightarrow +$

Magnetronen M^- fließen vom S-Pol \rightarrow N-Pol.

Magnetronen-Löcher M^+ fließen vom N-Pol \rightarrow S-Pol

Leitungs-Vorgang = Transport/Ausbreitung der magn. Energie

Eine am M-Halbleiter bzw. M-Leiter angelegte magn. Spannung (Θ) - und damit ein magnetisches Feld - treibt die (spontan) polarisierten negativen Magnetronen-Feldquanten M^- (bei physikalischer Richtung) vom Minus-Pol (S^-) zum Plus-Pol (N^+), mit funktionaler Addition von M^- am Plus-Pol; bei technischer Stromrichtung umgekehrter Fluß (Fig. 144).

Magnetisierung (= kohärente Addition der Atom-/Elektron-Momente) aufgrund der parallelen Atommagnete, die sich durch die Kopplungskräfte (ggf. durch Einfluß eines äußeren magn. Feldes) parallel stellen.

Bei spontaner Magnetisierung sind alle Atommagnete im Weiss'schen Bezirk parallel *ohne* Einwirkung eines äußeren Magnetfeldes.

Äußeres Feld = Kopplungsfeld = Σ atomarer Momente.

Magnetisch funktionale Influenz

Magn. funktionale Influenz als Funktion der Flußdichte mit $B_f < B_a$ (perfekte magn. Influenz, wie im elektrischen Fall an der Oberfläche, nur bei Meißner-Ochsenfeld-Effekt (Supraleiterströme an der Oberfläche schirmen B-Feld perfekt ab).

Im Bereich des N-Poles (=+) sind die *negativen* Magnetronen M^- - entsprechend der Feldstärke - lokalisiert (siehe Fluß $S \rightarrow N$ im Inneren des Ferromagnetikums) und über eine Funktion additiv wirksam (siehe auch: a) neutrale Zone im PM bzw. b) bei abstoßendem Feld Zone im FM.

Fluß: M^-S (mit Magnetronen-S-Komponente des Moments $=S$) wird vom Nord-Pol $N=+$ *angezogen* (und die M^N -Komponente des Momentes im Nord-Pol-Bereich *abgestoßen*), die Momente sind entsprechend im Feld und lokal am Pol orientiert/polarisiert.

Sobald sich die magnetisch negative Energie (= Magnetronen der negativen Magnetronen) in Richtung Pluspol (N) (aufgrund der Verschiebung / Verdrehung der magn. Dipole (atomare Bezirkspolarisation) durch ein äußeres Feld) ausbreitet (die negative Magnetisierung = negative Atommomente), *addieren* sich in einem funktionalen Magnetisierungszusammenhang die Momente der einzelnen Atome (d.h. die Energie der negativen Magnetronen im Nah- und Fernfeld (\rightarrow magn. funktionale Influenz) innerhalb der Bezirkspolarisation bzw. Kristallit-Polarisation) und hinterlassen eine magnetische Energie-Lücke, ein magnetisches Loch, d.h. die Magnetisierung (= Magnetronen = Energiequanten) breitet sich von der Atombindung der Magnetronen heraus aus - sonst entsteht keine Addition der Magnetronen (der Quanten-Momente) an anderer Stelle im M-Halbleiter und auch keine magn. funktionale Influenz am N-Ende bzw. S-Ende des M-Halbleiters. Die M-Löcher tragen ebenfalls zur magn. Strom-/Flußleitung bei. Ein Magnetron M^- aus einer benachbarten Bindung kann ein solches Magnetron-Loch M^+ (Bindungslücke) energetisch durch Austauschwechselwirkung ausfüllen. An der Stelle, wo es (das Magnetron) vorher war, entsteht wieder ein Magnetron-Loch. Die magn. Energie (Magnetronen) ist im Raum zwischen den Magnetronen lokalisiert. Dieser Vorgang wiederholt sich laufend. Das M-Loch (M^{+SN}) wandert (breitet sich durch den ganzen Körper (M-Halbleiterkristall) vom Nordpol ($N=+$) zum Südpol ($S=-$) aus.

Kopplungs-/Bindungskräfte

Kopplungskräfte bewirken, dass sich die Atommagnete parallel stellen \rightarrow Kraftwirkung durch Überlappung der Elektronenbahnen (Elektronen-Orbitale) und dem damit verbundenen Austausch der Elektronen unter benachbarten Atomen bzw Ionen.

Ursache Stoffmagnetismus

Diamagnetismus:	abgeschlossene Elektronenschalen
Paramagnetismus:	unaufgefüllte Elektronenschalen
Ferromagnetismus:	unaufgefüllte innere Elektronenschalen
Antiferromagnetismus:	unaufgefüllte innere Elektronenschalen, sehr kleine Atomabstände
Ferrimagnetismus:	unaufgefüllte innere Elektronenschalen, Spinellstruktur

Ergebnis

Für die Magnetronik werden im Raum ausbreitenden/wandernde Magnetisierungen = Magnetonen (= magnetische Energiequanten) als negative Leitungsmagnetronen (M^{-SN}) bzw. Leitungsmagnetronen-Löcher (M^{+NS}), analog so wie im elektrischen Fall wandernde Elektronen und Elektronen-Löcher benötigt. Die Ausbreitung der Magnetronen erfolgt in Phasen-/Gruppengeschwindigkeit.

Magnetronen M^{-SN} = Ausbreitung und Addition der magn. Momente = Energie-Fluß/-Strom Φ Richtung positivem Pol ($N=+$).
Basis: Magneton mit negativem Moment μ_B^- , weil von negativer Elementar-Ladung stammend.

Magnetron-Loch M^{+NS} (= Defekt-Magnetron)

Im Bereich des S-Poles ($=-$) sind die positiven Magnetronen M^+
- entsprechend der Feldstärke - lokalisiert (siehe Fluß $N \rightarrow S$ im Inneren des Ferromagnetikums) und funktional additiv wirksam
 \rightarrow magn. funktionale Influenz:
Energie-Fluß/-Strom Φ : M^+ mit $N=+$ Komponente wird von $S=-$ angezogen und M^+ abgestoßen, die Momente SN bzw. NS sind entsprechend im Feld orientiert/polarisiert.
Definitionsbasis: Magnetron-Loch mit positivem Moment μ_B^+ , weil von positiver Elementar-Ladung bzw. *fehlender* Elementarladung (Elektronen-Loch \rightarrow Spinnmoment-Loch) stammend.

Es gibt in der Magnetronik also zwei magnetische Makro-"Teilchen" (μ_B^- , μ_B^+) = Magnetonen bzw. Magnetronen-Löcher mit ihren jeweils vorzeichenorientierten magnetischen Quanten **Magnetronen M^- und Magnetronen-Löcher M^+** . (Symbol „m“ ist schon durch die Masse besetzt.)

Durch eine angelegte magn. Spannung breiten sich im Körper (M-Halbleiterkristall) die Leitungs-Magnetronen M^- vom Minus-Pol (S) zum Plus-Pol (N) und die Magnetronen-Löcher M^+ vom Plus-Pol (N) zum Minus-Pol (S) aus.

Freie Magnetronen und Magnetronen-Löcher können immer nur *paarweise* auftreten, so gilt für die Dichte der Magnetronen und Magnetronen-Löcher
$$N_m = P_m$$

Der magnetische Gesamtstrom (= Gesamtfluß Φ) aus den Momenten läßt sich als Summe aus einem Magnetronen-Strom/-Fluß und

Magnetronen-Löcher-Strom/-Fluß bilden, analog wie im elektronischen Fall beim Elektronen- bzw. Elektronen-Löcher-Strom. in der Magnetronik besteht der Strom/Fluß aus Feldquanten Φ_0 , den magn. Energiequanten, d.h. den Magnetronen /M-Löcher im Raum *zwischen* den Magnetonen / M-Löchern.

2.3.7 Magnetische Störstellenleitung

Fügt man einer Schmelze eines reinen ferromagnetischen Halbleiterkristalls (= kein reines Dimagnetikum bzw. reiner M-Isolator, weil M-Halbleiter in der Leitfähigkeit bei Normaltemperatur *zwischen* M-Isolator und M-Leiter) einen ganz geringen ferromagnetischen Fremdstoffanteil zu (dotieren), so steigt die magnetische Feld-Leitfähigkeit μ (der Flußquanten) stark an.

Basis: z.B. a) Co, oder b) Dy. Stoffdesign bei tiefer Temperatur M-Nichtleiter. Bzw. umgekehrt: Bei $>T_c$ wird die Spinkopplung aufgehoben; μ_1 hat einen stark werkstoffabhängigen Verlauf \rightarrow Temperaturabhängigkeit der Permeabilität; Sättigungspolarisation J_s folgt relativ zur universellen Funktion.

N_m-Leiter

Beispiel: M-Kristallbasis 7-wertiges Co mit 8-wertigem Ni dotiert = magnetisch höherwertige Fremdatome (bezüglich Co-Niveau) in magn. niedriger wertigen M-Halbleiter dotieren: Z.B. Co $3d^7 4s^2 = 9$ Elektronen plus Ni $3d^8 4s^2 = 10$ Elektronen \rightarrow Elektronen-Differenz auf 3d-Schale = + 1 Ni-Elektron = +1 Ni-Magneton = +1 Ni-Magnetron.

Definition: Magnetonen = magnetische Teilchen mit Vorzeichen der Ladung, Magnetronen = magn. Feldquanten = Flußquanten mit gleichem Vorzeichen. Jedes Magneton/Magnetron hat 1 "Quasi-Dipol" (N = +Pol, S = -Pol) = Spinnmoment.

Beachte Anzahl und Differenz der im zeitlichen Mittel x parallel und y antiparallel gerichteten Elektronen mit ihren Momenten auf der 3d-Schale/Orbital (und bei der Elementarzelle (Raumgitter / Tetraeder/Ikosaeder))

Die Bohrsche Magnetonen-Differenz auf der 3d-Schale beträgt: Co 1,714 - Ni 0,604 = +1,11, also etwas mehr, als die Elektronenzahl-Differenz, d.h. auch +1,11 Magnetronen.

Dotierung auch aus der Lanthanoide-Ferro-Reihe Gd, Tb, Dy, Ho, Er, z.B.

Dy $4f^{10} 5d^0 6s^2$ plus Ho $4f^{11} 5d^0 6s^2$
 \rightarrow Elektronen-Differenz auf 4f-Schale = + 1 Ho-Elektron

oder mit größerem Wertigkeitsunterschied:

Dy $4f^{10} 5d^0 6s^2$ plus Er $4f^{12} 5d^0 6s^2$
 \rightarrow Elektronen-Differenz auf 4f-Schale = + 2 Er-Elektronen.

Jedes magnetisch *höherwertige* Störatom (Ni in Co dotiert) bringt Magnetonen (Elektronen mit deren Spinnmomenten) der unaufgefüllten inneren Elektronenschalen mit, die *keine* magnetische Bindung mit den nächsten Atomnachbarn eingehen können, weil sie überzählig im Basis-Kristall sind.

Dotieratome bringen eine M-Bindung in den M-Halbleiterkristall (z.B. Co) ein, d.h. negative Magnetronen sind Bindungen.

Dieses "freie" Magneton (= negatives Spinmoment des negativen Elektrons) kann durch geringe gerichtete Energiezufuhr (H-Feld) von seinem Atom (3d-Orbital) nicht als Teilchen abgetrennt, aber in seiner Spinrichtung = Energierichtung ausgerichtet (polarisiert) werden, damit sich die Feldenergie der Magnetronen in der Bindungsrichtung ausbreitet und im Fernfeld funktional addieren kann. Die Magnetronen sind im Atom fixiert, da sie auf der inneren Schale lokalisiert sind (nicht dispositiv wie bei Valenzelektronen auf der äußeren Schale, die das Atom über das e-Leitungsband wechseln können (Teilchen-Transport)). Bei den Magnetronen besteht ein Quantentransport (= Flußquanten); d.h. das Prinzip des M-Halbleiters beruht auf dem Transport von gerichteten magnetischen Energie-Feldquanten.

In diesem Fall beruht die magnetische Leitung vorwiegend auf dem Transport der Feldenergie der negativen Magnetronen (= Quanten der negativen Spinmomente der Elektronen = Majoritätsträger), d.h. den Flußquanten und nicht auf dem Transport der im Atom fixierten Elektronen. Der M-Halbleiter wird deshalb N_m -Feld-leitend. Diese "frei" ausbreitbare negative Feldenergie des Leitungs-Magnetrons bildet ein magnetisch positives Ni-Ion = $M-Ni-Ion^+$. Die Feldenergie = Magnetronen der gebundenen Magnetronen, breiten sich mit Phasen-/Gruppengeschwindigkeit im Festkörper aus.

N_m -Feld-Leiter enthalten "freie" Magnetronen (Leitungs-Magnetronen) als Magnetisierungsträger = Quanten der negativen Spinmomente der Elektronen. → Magnetisierung durch Bindung und Polarisation der Magnetronen.

P_m -Leiter

Beispiel: M-Kristallbasis 7-wertiges Co mit 6-wertigem Fe dotiert:

Das magnetisch 7-wertige Kobalt als M-Halbleiterkristall kann aber auch mit 6-wertigem Fremdatom dotiert werden, z.B.:

$Co\ 3d^7 4s^2$ plus $Fe\ 3d^6 4s^2 \rightarrow$ Elektronen-Differenz $3d = -1$ Fe-Elektron = -1 Magneton = -1 Magnetron

Beachte Anzahl und Differenz der im zeitlichen Mittel x parallelen und y antiparallelen gerichteten Elektronen auf der 3d-Schale/Orbital.

Die Bohrsche Magnetronen-Differenz beträgt $C -1,714 + Fe\ 2,218 = -0,504$, d.h. auch $-0,504$ Magnetronen (Feld-Quanten).

Oder auch

$Dy\ 4f^{10} 5d^0 6s^2$ plus $Tb\ 4f^9 5d^0 6s^2 \rightarrow$ Elektronen-Differenz $4f = -1$ Tb-Elektron = -1 Magneton = -1 Magnetron

oder sie werden mit größerem magn. Wertigkeitsunterschied dotiert:

$Dy\ 4f^{10} 5d^0 6s^2$ plus $Gd\ 4f^7 5d^1 6s^2 \rightarrow$ Elektronen-Differenz auf $4f = -3$ plus $5d = +1 = -2$ Dy-Elektronen = -2 Magnetronen = -2 Magnetronen.

Für die vollständige magnetisch *positive* Bindung *fehlt* ein Magneton (Elektron mit Spinmoment). Dotieratome bringen eine M-Bindungs-Lücke in den M-Halbleiterkristall (z.B. Co) ein, d.h. positive Magnetronen sind Bindungslücken. Diese "frei" ausbreitbare positive Feldenergie des Magnetons bildet ein

magnetisch positives Loch. Aus dem Eisenatom wird ein magnetisch negatives Ion = $M\text{-Fe-Ion}^-$. Ein mit 6-wertigen Fremdatomen dotiertes 7-wertigen Kobalt-Kristall nennt man P_m -Feld-Leiter.

5 Bereits durch geringe gerichtete Energiezufuhr (H-Feld), kann dieses lokale M-Loch (μ_B^+) von einem Magneton (μ_B^-) eines Nachbaratoms durch Kopplung (Austauschwechselwirkung) energetisch mit Magnetronen ausgefüllt werden.

10 Die magnetische Feld-Leitung beruht also vorwiegend auf der Ausbreitung der *positiven* Feldenergie als Magnetronen-Löcher, ausgehend von den magn. *positiven* Magnetronen-Löchern (= positive Elektronen Spinmomente von e^+ , oder von fehlenden Spinmomenten von e^- , die sich wie positive magnetische Teilchen verhalten), man spricht deshalb von P_m -Feld-Leitung.

15 P_m -Feld-Leiter enthalten "frei" ausbreitbare positive Magnetronen-Löcher-Feldenergie (Bindungs/Kopplungs-Lücken) = Defektmagnetronen als Magnetisierungsträger.

20 **Ergebnis**
Die durch Dotieren entstandenen P_m - und N_m -Feld-Leiter bleiben weiterhin nach außen magnetisch neutral.

25 Die magnetische Feld-Leitfähigkeit im dotierten M-Halbleiter nimmt nur solange zu, bis alle Fremdatome beim N_m -Feld-Leiter ihre überzählige Magnetronen-Feldenergie durch Kopplung/Bindung energetisch abgegeben haben, bzw. im P_m -Feld-Leiter von ihrem Nachbaratom je ein Magnetron-Loch als magn. Feldenergie durch Nicht-Kopplung/Bindungslücke energetisch aufgenommen haben.

30 **Magnetronen sind *negative* Bindungen, Magnetronen-Löcher sind *positive* Bindungs-Lücken.**

2.3.8 $P_m N_m$ -Übergang

35 Bringt man einen P_m -Feld-Leiter und einen N_m -Feld-Leiter zusammen, entsteht an der Berührungsstelle ein $P_m N_m$ -Übergang (Fig. 145).

Beispiel $P_m N_m$ -Übergang (Fig. 145)

Co = M-Halbleiter Dotierung mit Fremdatomen Ni oder Fe.

N_m -Feld-Leiter: Co 7-wertig + Ni 8-wertig dotiert.

40 Magnetronen = Magnetisierungsträger

P_m -Feld-Leiter: Co 7-wertig + Fe 6-wertig dotiert

Magnetronen-Löcher = Magnetisierungsträger

45 An der Grenze vom P_m - zum N_m -Feld-Leiter dringen *ohne* angelegte magn. Spannung Θ ($=U_m$), nur durch die *Wärmebewegung*, Magnetronen vom N_m -Feld-Leiter in den P_m -Feld-Leiter ein und rekombinieren (wiedervereinen) dort mit den Magnetronen-Löchern (Feld-Löcher).

50

Umgekehrt diffundieren M-Löcher des P_m -Feld-Leiters in den N_m -Feld-Leiter und verbinden sich dort mit den freien Magnetronen (\rightarrow magn. Oberflächenpolarisation). Beiderseits der Grenze verarmt der M-Halbleiterkristall (z.B. Co) an freien Magnetisierungsträgern: Die Grenzschicht wirkt wie ein magn. Isolator ($\mu_r \geq 1$) und bildet eine M-Sperrschicht (Fig. 146).

Am $P_m N_m$ -Übergang von M-Halbleitern entsteht eine M-Sperrschicht (\rightarrow neutrale Zone wie bei Nordpol-Südpol-Übergang eines Permanent-Magneten).

Fehlen jedoch in der Grenzschicht Leitungs-Magnetronen und M-Löcher, üben die Magnetisierungen der ortsgebundenen M-Ionen ihren Einfluß aus: Das N_m -Grenzgebiet ist magnetisch positiv (Ion I_m^+ mit Basis μ_B^+), das P_m -Grenzgebiet magnetisch negativ aufmagnetisiert (Ion I_m^- mit Basis μ_B^-).

Diese Raummagnetisierungszonen (elektr. Raumladungen $Q \rightarrow M$) beenden die weitere magnetische Diffusion: Die magn. negative P_m -Grenzschicht zieht die diffundierenden M-Löcher und die magn. positive N_m -Grenzschicht die eingedrungenen Magnetronen zurück. Die Magnetisierungen in der ca. $1\mu m$ dicken Grenzschicht verursachen eine magn. Diffusionsspannung (Θ_{Diff}) am $P_m N_m$ -Übergang. Durch Anlegen einer äußeren magn. Spannung (Θ) kann der $P_m N_m$ -Übergang in Sperrrichtung oder in Durchlassrichtung für magn. Fluß Φ (Flußquanten) betrieben werden (Fig. 147).

Der $P_m N_m$ -Übergang wirkt wie ein magn. Kondensator. Die Sperrschicht ($\mu_r \geq 1$) besitzt eine magn. Kapazität C_m (Sperrschicht-Kapazität). \rightarrow Magnetischer Kondensator: Feldstärke sinkt, Kapazität steigt, dabei sind die Kraftwirkungen des Feldes zu beachten: Erfindung Feldgenerator \rightarrow Optimum = Gleichgewichtszustand mit Energielücke $E=0$.

2.3.9 Magnetischer Durchbruch des $P_m N_m$ -Übergangs

2.3.9.1 Magnetische Analogie zum Zehner-Effekt

In Sperrrichtung kann es zu einem Durchbruch kommen. Infolge großer magn. Feldstärke im Inneren des Übergangs werden Magnetronen aus dem magn. Valenzband des P_m -Materials waagrecht über die verbotene Zone ins magn. Leitungsband des N_m -Materials gezogen (tunneln). Dieser Effekt tritt bei stark dotierten magn. Dioden auf und kann dort bei wenigen Ampere magnetischer Sperrspannung einsetzen. (Fig. 148).

2.3.9.2 Magnetische Lawinenmultiplikation im $P_m N_m$ -Übergang

Dieser Mechanismus führt zum Durchbruch. Ein Magnetron bewegt sich bei großer magn. Feldstärke so schnell, daß es bei einem Zusammenstoß mit dem Gitter einen Teil seiner Energie abgeben und ein neues freies "Magnetronen"- "Magnetronen-Loch"-Paar erzeugen kann. Diese Magnetisierungsträger werden in gleicher Weise beschleunigt und können ihrerseits neue frei Paare schaffen, so daß der Magnetstrom/-fluß lawinenartig anwächst (Fig. 149).

4. M-Feld-Halbleiterbauelemente (Magnetic Semiconductor Elements)

4.1. M-Typen

Ein P_mN_m -Übergang führt zu M-Dioden, zwei P_mN_m -Übergänge führen zu M-Transistoren, drei und mehr Übergänge zu M-Thyristoren.

Funktionen von M-Halbleiter-Bauelementen (\rightarrow Feldmodulatoren)

M-Diode: Eine M-Halbleiterdiode leitet, wenn man sie in Durchlassrichtung polt, und sie sperrt den magnetischen Strom/Fluß, wenn sie entgegengesetzt gepolt ist.

M-Transistor: M-Transistoren sind *verstärkende aktive* oder *schaltbare* M-Halbleiterbauelemente, man kann sie in bipolare M-BT und unipolare M-Transistoren M-FET einteilen.

M-Thyristor: M-Thyristoren (Oberbegriff) sind magnetisch schaltbare Bauelemente, mit vier aufeinander folgenden M-Halbleiterzonen wechselnder M-Leitungsart: $P_mN_mP_mN_m$. Der M-Thyristor wirkt wie eine M-Diode, sobald M-Gatestrom fließt. Durch magnetische Signale getriggert wirken sie wie Kippschalter (Sperr-/Durchlass-Zustand).

4.2 M-Dioden

M-Halbleiterbauelement mit einem P_mN_m -Übergang. Das spezifische Verhalten wird durch den jeweiligen Verlauf der Dotierungskonzentration im Kristall bestimmt (Fig. 150).

M-Gleichrichterdiode

Sie wirkt wie ein Magnetstromventil und ist deshalb das geeignete Bauelement zur Gleichrichtung von magnetischen Wechselströmen. Der Magnetstrom/-fluß in Sperrichtung (M-Sperrstrom/-fluß) kann etwa 10^7 mal kleiner sein als sein M-Durchlassstrom/-fluß. Er wächst mit steigender Temperatur stark an.

M-Gleichrichter für hohe M-Spannungen

Hohe magnetische Sperrspannung erfordert, dass mindestens eine M-Zone niedrige magnetische Leitfähigkeit hat (hoher magnetischer Widerstand in Durchlassrichtung und damit zu starke Erwärmung). Durch Einschalten einer sehr schwach dotierten Zone (I_m) zwischen hoch dotierten P_m - und N_m -Zonen entsteht ein $P_mI_mN_m$ -Gleichrichter, der hohe magnetische Sperrspannung, aber niedrigen magnetischen Durchlasswiderstand hat: \rightarrow magnetische Leitfähigkeitsmodulation.

M-Schaltdiode

Vorzugsweise für rasches Umschalten von niedriger magnetischer Impedanz (magn. Scheinwiderstand = Vektorsumme der M-Einzelwiderstände) und umgekehrt. Die Schaltzeit wird durch zusätzliche Diffusion von Stoffen, die die Rekombination von Magnetronen und M-Löchern begünstigen, verkürzt.

M-Z-Diode

Magnetische Halbleiterdiode, bei der im Fall wachsender magnetischer Spannung in *Rückwärtsrichtung* von einer bestimmten magnetischen Spannung ab ein *steiler* Anstieg des magnetischen Stroms/Flusses infolge magnetischen Lawinendurchbruchs eintritt. M-Z-Dioden werden für Dauerbetrieb in diesem Bereich konstruiert.

M-Kapazitätsdiode

Die magnetische Raumladungszone am P_mN_m -Übergang wirkt wie ein magnetischer Kondensator. Ein Dimagnetikum ist das von Magnetisierungsträgern "entblößte" magnetische Halbleitermaterial. Erhöhung der angelegten magn. Spannung verbreitert die M-Sperrschicht und verkleinert die M-Kapazität; magnetische Spannungsniedrigung vergrößert die magnetische M-Kapazität.

M-Absorptionsdiode

M-Halbleiterdiode, bei der der M-Sperrschichtabsorptionseffekt ausgenutzt wird. Am P_mN_m -Übergang liegt magnetischer Sperrspannung. Einfallender magnetischer Fluß löst Magnetronen aus den M-Bindungen. Es entstehen dadurch zusätzlich freie Magnetronen und Magnetronen-Löcher. Sie erhöhen den magnetischen Sperrstrom/Fluß proportional zum Einfall des magnetischen Flusses.

Zu M-Dioden (Fig. 150)**1) Intensität**

Magnetische Feld-Energie, die je Zeiteinheit eine Fläche dA senkrecht durchsetzt, also Quotient aus Leistung P und Fläche.

Intensität $I = P/A$

Magnetische Feldenergie im Volumen V

$W_m = 1/2 (H \cdot B)V$, Leistung $P = dW_m/dt$

Magnetische Feldenergiedichte

$w_m = W_m/V$

2) M-Emission

In der Nähe des Übergangs rekombinieren die Magnetronen mit den M-Löchern und geben dabei Energie von der Größenordnung E_g ab.

Bei den M-„Strahlen“ der Rekombination wird diese Energie in Form von Flußquanten der Energie $hf \approx E_g$ ausgesandt. Dies bedeutet, daß eine MED näherungsweise ein monochromatisches M-Feld aussendet, dessen Wellenlänge λ_g von der Breite der verbotenen Zone E_g abhängt.

Die Emission erfolgt mit der Intensität I .

3) ESP: Elektronenspinresonanz**4.3 M-Transistoren****4.3.1 Funktionsprinzip**

M-Transistoren sind verstärkende (aktive) magnetische Halbleiterbauelemente. Sie werden unterteilt in

a) bipolare (Magnetronen + Magnetronen *und* Magnetronen-Löcher + Magnetronen-Löcher) und

b) unipolare (Magnetonen + Magnetronen *oder* Magnetonen-Löcher + Magnetronen-Löcher) Magnetfeld-Transistoren.

M-Transistor-Arten (Fig. 151),

Aufbau und Eigenschaften von M-Transistoren (Fig. 152)

5

Der M-IGTB ist eine Kombination aus einem bipolaren und unipolaren M-Transistor.

M-Verstärkung (Stom, Spannung, Leistung) / M-Schaltung

10

(des Transistors (Transistoreffekt = Kopplungs-/Bindungseffekt)

und Transistor-FM (FM = Transistoreffekt zwischen zwei PM's)

Zwei *eng* benachbarte *magnetische* $P_m N_m$ -Übergänge führen zum *magnetischen Transistoreffekt* und zu M-Bauelementen (M-Feldmodulatoren), die magnetische Signale *verstärken* oder als magnetische *Schalter* wirken.

15

Es gibt bipolare M-BT und unipolare M-FET Transistoren, die in ihrem Funktionsprinzip auch als M-Feldmodulator in der FKM eingesetzt werden können.

Verstärkung / Schaltung magnetischer Ströme/Flüsse (Φ) und Spannung (Θ) mit magnetisch dotierten Grenzsichten (FM-Basis) ($P_m N_m$ -, $P_m N_m P_m$ -, $N_m P_m N_m$ -FM-Übergänge). Gesperrter $P_m N_m$ -Übergang (Basis-Kollektor (N_m)) durch *Injektion* von magnetischen Flußträgern Φ (Magnetronen = Kopplung durch magn. Spinnmomente dotieren) *magnetisch leitfähig* machen (Leitfähigkeit = Permeabilität $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$; magn. Widerstand $R_m = 1/\mu$.)

20

→ Diffusion von magnetischen Fluß-/Stomquanten Φ_0

(Kopplungen/Bindungen) durch die Sperrschicht.

Modulationsvariante 1 (auch für FM): → *Leitfähigkeitsmodulation*

25

In einem $P_m N_m P_m$ -Transistor sind es magnetische Magnetronen-Löcher (Φ_0 -Mangel, Kopplungs-Löcher), die vom magnetischen Emitter (P_m) in die dünne FM-Basissschicht gelangen, von hier durch magnetische Diffusion in das Gebiet des gesperrten $P_m N_m$ -Übergangs kommen und dort durch das magnetische Feld zum magnetischen Kollektor (N_m) angezogen werden.

30

M-Sperrschicht ist die magnetische Basis für den

a) Übergang zwischen *parallelen* Spins, FKG-Symbol ($\Rightarrow | \Rightarrow$) = Steuerung der *Anziehung*, oder

35

b) Übergang zwischen *antiparallelen* Spins, FKG-Symbol: ($\Rightarrow | \Leftarrow$) = Steuerung der *Abstoßung*.

40

Magnetfeld im PM

Magnetischer Strom/Fluß Φ ist *zeitlich konstant* (deshalb auch hier Grundzustand mit $E=0$) und beträgt ein ganzzahliges Vielfaches vom magnetischen Fluß-/Stromquant Φ_0 .

45

M-Transistor als Verstärker

Ein kleiner magn. Basisstrom/-fluß Φ_B verursacht beim M-Transistor einen großen magn. Kollektorstrom/-fluß Φ_C . Dies nennt man Magnetstrom/-fluß-Verstärkung (V_Φ).

50

Ein M-Transistor kann auch als magnetischer Spannungsverstärker (V_e) und Leistungsverstärker (V_p) betrieben werden.

M-Transistor als Schalter → M-Feldmodulator

M-Transistoren als Schalter haben zwei Schaltzustände: Sie arbeiten in der *magn. Sättigung* (magn. *leitend* Arbeitspunkt A_3 = "Ein" ($B_2=B_{opt}$ bei H_{a2} und μ_{max}) oder sind *gesperrt* (magn. *nichtleitend* = magnetisch transparent ($\mu_r=1$) Punkt A_1 = "Aus" ($B_5 = B_{max}$ bei $H_{a5} = H_{amax}$), (beachte Sättigungsbereich = Übersteuerung Bereich B_0 bei H_{a0} bis B_3 bei H_{a3} , Beginn Ü-Bereich = Sättigungsanfang bei Punkt A_2 auf der Arbeitsgeraden.

Ferromagnetischer Stoff im magn. Feld. M-Schalter S → magn. Schaltzustände = FM-Kippstufe (Fig. 81).

4.3.2 Bipolare M-Transistoren

4.3.2.1 Übersicht Funktionsprinzip

Der M-Transistor besteht aus 3 übereinanderliegenden M-Halbleiterschichten. Mittlere Zone = M-Basis (B), die beiden äußeren M-Emitter (E) und M-Kollektor (C).

M-Emitter sendet Magnetronen als Träger aus, die vom M-Kollektor wieder *angezogen* werden. Die M-Basis-Emitter-Strecke ist im M-Transistorbetrieb in *Magnetfeld-Durchlassrichtung*, die M-Basis-Kollektor-Strecke in *Magnetfeld-Sperrichtung* gepolt.

Im magnetischen $N_m P_m N_m$ -Transistor steuern *positive* Magnetronen-Löcher (Kopplungsträger-Lücken) des M-Basisstromes/flusses die x-fache Menge von *negativen* Magnetronen (Kopplungsträgern), die vom M-Emitter zum M-Kollektor fließen (Fig. 153).

Wirkungsweise erklärt für $N_m P_m N_m$ -Transistor

Der M-Emitter-Basis-Übergang (M-EB) wird in magnetischer Durchlassrichtung gepolt. Dadurch werden Magnetronen in die Basiszone injiziert (Fig. 154).

Der M-Basis-Kollektor-Übergang (M-BC) wird in Sperrichtung gepolt. Dadurch bildet sich eine magnetische Raumladungszone mit starkem magnetischem Feld aus. Eine merkliche magnetische Kopplung/Bindung (= M-Transistoreffekt) tritt ein, wenn die beiden $P_m N_m$ -Übergänge sehr nahe beieinander liegen (im Kobalt $\approx 10 \mu m$).

Dann diffundieren die bei M-EB injizierten Magnetronen durch die M-Basis zum M-Kollektor. Sobald sie in die Reichweite des magnetischen Feldes von M-BC kommen, werden sie ins M-Kollektorfeld hinein beschleunigt und fließen als M-Kollektorstrom weiter. Das Konzentrationsgefälle in der M-Basis bleibt also bestehen und damit auch die Ursache für weitere Magnetronenwanderungen vom M-Emitter zum M-Kollektor. Es wandern 99% und mehr aller vom M-Emitter ausgehenden Magnetronen in die magnetische Raumladungszone und werden zum M-Kollektorstrom/-fluß. Die wenigen fehlenden Magnetronen sind beim Durchwandern der M-P-dotierten M-Basis in die dort befindlichen Magnetronenlücken geraten. Sofern nichts anderes

geschieht, magnetisieren sie die M-Basis *negativ* auf, und durch Abstoßungskräfte würde binnen kürzester Zeit (ca. 50 ns) das Nachfließen weiterer Magnetronen überhaupt verhindert. Ein kleiner M-Basisstrom/-fluß aus *positiven* Magnetträgern (Magnetronen-Löcher) kompensiert beim M-Transistor diese negative Magnetisierung ganz oder teilweise.

Kleine Änderungen im magnetischen Basisstrom/-fluß bewirken somit große Änderungen im magnetischen Emitter-Kollektor-Strom/-fluß. Der $N_m P_m N_m$ -Transistor ist ein bipolares magnetstrom/-flußgesteuertes, verstärkendes magnetisches Halbleiterbauelement.

Im bipolaren M-Transistor steuert der magn. Basisstrom/-fluß Φ_B den Kollektorstrom/-fluß Φ_C . Für die Steuerung ist nur eine *geringe magnetische Leistung nötig*.

Ein M-Transistor wird als magn. Verstärker oder als magn. Schalter benutzt.

Kristall-Isotropie / Anisotropie

Es ist die Isotropie oder Anisotropie des Kristalls zu beachten - insbesondere in der Basis, wenn die Flußquanten tangential abfließen sollen (z.B. bei Co ist eine gute Leitfähigkeit in der hexagonalen Achse, eine schlechte senkrecht dazu vorhanden). Die Basis kann beim M-BT deshalb isotrop sein mit Würfeltextrur (x-, y-, z-Achse = $\langle 100 \rangle$ gleiche Permeabilität); in der P_m - bzw. N_m -Schicht Co-dotiert.

Zu beachten ist wegen der magnetischen Vorzugsrichtung/Leitfähigkeit:

- a) Kristall-Anisotropie
- b) Magnetfeld induzierte Anisotropie
- c) Spannungsinduzierte Anisotropie
- d) Magn. Formanisotropie der Basis

Es ist auch anisotrope elektrische Leitfähigkeit \rightarrow Entelektrisierung zu beachten.

Dotierungsstärke

Die *Emitterzone* ist beim bipolaren M-Transistor magnetisch *stark* dotiert, die *Kollektorzone* *etwas weniger*. Die außerordentlich dünne *Basisschicht* (wenige μm dick) enthält nur eine *geringe Zahl M-Fremdatome*.

Vorzugsrichtung M-Strom/Fluß im M-BT

Bei Anwendung des Doppeldiffusionsverfahrens ist die Dotierung im Emitter am höchsten und im Kollektor am niedrigsten. Diese Verhältnisse bewirken auch die Vorzugsrichtung für den Funktionsmechanismus (normale Betriebsrichtung). *In umgekehrter Richtung (Inversbetrieb) sind die magnetischen Eigenschaften deutlich schlechter.*

Je nach Anwendung werden bipolare M-Transistoren eingeteilt:

- M-Verstärkertransistoren
- M-Schalttransistoren

Betriebszustände

Entsprechend der magn. Polarität der beiden magn. Diodenspannungen Θ_{BE} und Θ_{BC} unterscheidet man vier Betriebszustände des M-Bipolar-Transistors.

5	Tabelle	Betriebszustände des M-NPN-Transistors			Anwendung
		Θ_{BE}	Θ_{BC}	Betriebszustand	
		>0	<0	aktiv normal	M-Verstärker
		<0	>0	aktiv invers	
		<0	<0	gesperrt	Schalter ("Aus")
10		>0	>0	übersteuert	Schalter ("Ein")

Im *Inversbetrieb* ($\Theta_{BE} < 0$, $\Theta_{BC} > 0$) wird der M-Transistor entgegen der Vorzugsrichtung seines optimierten Aufbaus betrieben. Die entstehenden magn. Strom-/Flußverstärkungsfaktoren sind dann erheblich schlechter. Der Bereich der *Übersteuerung* wird auch als *Sättigungsbereich* bezeichnet. Der Magn. Ausgangsstrom/-fluß kann nicht mehr durch den magn. Eingangsstrom/-fluß gesteuert werden. Beim $P_m N_m P_m$ -Transistor sind alle magn. Spannungs- und Strom-/Flußrichtungen umzukehren.
 → Beachte $B-H_a$ - und $B-\mu_r$ -Kennlinie für magnetische Verstärkungsfaktoren (Flußverstärkung) (Fig. 80, 81).

$B [T]$ = Ausgangsstrom-/Ausgangsflußdichte $B = \mu_0 (H_a + M)$
 $H_a [A/cm]$ = Eingangs-Feldstärkeamplitude, äußeres Spulenfeld
 $M [A/cm]$ = Magnetisierung $M = B/\mu_0 - H_a$
 (Erregung / Aufmagnetisierung, beachte $-H_a$)
 μ_r, μ_a = Permeabilitätszahl, Permeabilitätsamplitude

4.3 M-Feldeffekt-Transistor (M-FET)**4.3.1 Übersicht Funktionsprinzip**

Bei diesem Typ wird der Magnetstrom/-fluß in einem *magnetisch leitenden Kanal* im Wesentlichen durch ein *magnetisches Feld quer zum Kanal* gesteuert, das durch eine über eine magnetische *Steuermagnetode* angelegte magnetische Spannung entsteht. Im Gegensatz zum bibolaren M-Transistor arbeiten M-Feldeffekt-Transistoren nur mit Magnetträgern einer Sorte (Magnetronen oder Magnetronen Löcher), daher auch die Bezeichnung M-Unipolartransistoren. Sie unterscheiden sich in
 a) M-Sperrschicht-Feldeffekt-Transistoren (M-SFET)
 b) M-Isolierschicht-Feldeffekt-Transistoren (M-IFET)

Wirkungsweise Sperrschicht M-Feldeffekt-Transistor (M-SFET)

(Erklärt für N_m -Kanal-Typ) (N_m MOS: Fig. 155)

An den Enden eines N_m -leitenden Kristalls liegt M-Gleichspannung. Magnetronen fließen von M-Source zu M-Drain. Die Breite des Kanals wird mit zwei seitlich eindiffundierten P_m -Zonen und der an diesen anliegenden *negativen* M-Spannung bestimmt. Erhöht man die negative M-Gate-Spannung, dehnen sich die M-Raummagnetisierungszone stärker in den Kanal hinein aus und schnüren die Magnetstrom(fluß)bahnen ein. Die magnetische Spannung an der *Steuermagnetode* G steuert somit den Magnetstrom/-fluß zwischen M-Source S und M-Drain D.

Für die Funktion des M-SFET sind nur Magnetträger einer Polarität notwendig (Magnetronen oder Magnetronen-Löcher).

Die Steuerung des Magnetstromes/-flusses erfolgt nahezu leistungslos. Der Sperrschicht M-SFET ist also ein unipolares magnetspannungsgesteuertes Bauelement.

5 **Wirkungsweise eines Isolierschicht M-Feldeffekt-Transistors (M-IFET) (Erklärung für P_m -Kanal-Anreicherungs-Typ) (P_m MOS: Fig. 156)**
M-IFET = P_m MOS -Transistor: Schichtenanordnung:
Magnetic Metal-Magnetic Oxide-Semiconductor.

10 Bem: Beim *elektronischen* MOS: Oxidschichten isolieren elektrisch (O mit $\epsilon_r = 1$ = unelektrisch); beim M-MOS sind es magnetische Oxidschichten aus *magnetischen Isolatoren* (O mit $\mu_r = 1$ = unmagnetisch).

15 Ohne magnetische Spannung an der Gate-Magnetrode fließt zwischen M-Source und M-Drain *kein* magnetischer Strom/Fluß: die M- P_mN_m -Übergänge *sperren*. Durch eine magnetisch *negative* Spannung am M-Gate werden im N_m -Gebiet unter dieser Magnetrode die Magnetronen in das Kristallinnere verdrängt und Magnetronen Löcher - die ja als Minoritätsmagnetisierungsträger auch im N_m -Kobalt immer vorhanden sind - an die Oberfläche gezogen.
 20 Es entsteht immer eine schmale P_m -leitende Schicht unter der Oberfläche; ein P_m -Kanal.
 Zwischen den beiden Gebieten (M-Source und M-Drain) kann jetzt magnetischer Strom/Fluß Φ fließen. Er besteht nur aus Magnetronen Löchern. Da die magnetische Gate-Spannung über eine magnetisch isolierende Oxidschicht wirkt, fließt kein magnetischer Strom/Fluß im Steuerkreis: Die
 25 Steuerung erfolgt nahezu *leistungslos*.

Der M-IFET-Transistor ist ein unipolares, magnetspannungsgesteuertes Bauelement.

30 **Ergebnis**
Im M-Feldeffekt-Transistor steuert ein magnetisches Feld *quer* zum Kanal den magnetischen Widerstand der Source-Drain-Strecke.

35 **In M-Feldeffekt-Transistoren steuert die magnetische Gate-Source-Spannung praktisch leistungslos den magnetischen Drainstrom/-fluß.**

40 **Bei der magnetischen Gate-Source-Spannung null fließt in einem selbstleitenden M-Feldeffekt-Transistor schon ein magnetischer Drainstrom/-fluß, während bei einem selbstsperrenden M-FET der magnetische Drainstrom/-fluß null ist.**

45 IG: magnetic Isolated Gate = isoliertes Tor, M-Isolierschicht-FET.
 Die magn. Gate-Isolierung erreicht einen extrem hohen magnetischen Eingangswiderstand, der unabhängig von der Höhe und Polarität der magnetischen Gatespannung ist.
 Ist bei M-IG-FET ohne M-Gate-Source-Spannung ein magnetisch leitfähiger Kanal vorhanden, spricht man von magnetisch *selbstleitenden* M-FET.
 50 **Selbstsperrende** M-FET besitzen ohne magnetische Gate-Spannung noch

keinen magnetisch leitfähigen Kanal. Dieser entsteht erst durch eine geeignet gepolte magnetische Gate-Source-Spannung.

Anreicherungs-M-IG-FET sind *selbstsperrend*.
Verarmungs-M-IG-FET sind *selbstleitend*.

Es gibt noch, P_m MOS, N_m MOS -Transistoren, (C_m MOS: Fig. 157) und D_m MOS mit BCD-Mischprozess (Bipolar/ C_m MOS/ D_m MOS).

Aufbau von M-Isolierschicht-FET (Fig. 158, 159, 160, 161)

1. P_m -Kanal (Fig. 158, 159)

Der P_m selbstleitend, bzw. N_m selbstsperrend kann auch mit:

a) Source-Source = N-N-Polung oder

b) Drain-Drain = S-S-Polung betrieben werden:

Folge: Abstoßung und nicht Fluß im Kanal bei Schaltung auf "leitend"

→ Gleichgewicht, wenn keine Abstoßung besteht = Kanal nicht leitend

Gate mit anderer Polung notwendig:

- ΘG = S-Pol (-) bei N-N-Polung

+ ΘG = N-Pol (+) bei S-S-Polung, d.h. der gleichnamigen Polung der Source- oder Drain-Strecke

2. N_m -Kanal (Fig. 160, 161)

Der N_m selbstsperrend, bzw. P_m selbstleitend kann auch mit:

a) Source-Source = N-N-Polung oder

b) Drain-Drain = S-S-Polung betrieben werden.

Folge: Abstoßung und nicht Fluß im Kanal bei Schaltung auf "leitend"

→ Gleichgewicht, wenn keine Abstoßung besteht = Kanal nicht leitend

Gate mit anderer Polung notwendig:

+ ΘG = S-Pol (-) bei N-N-Polung

- ΘG = N-Pol (+) bei S-S-Polung, d.h. bei der gleichnamigen Polung der Source- oder Drain-Strecke

4.3.2.3 M-Feldeffekt-Transistoren ohne M-Unijunktion-Transistoren

4.4 Leistungsmagnetronik

Die Leistungsmagnetronik befasst sich mit Magnetstrom/-flußversorgungen, M-Antriebssteuerungen und der M-Haustechnik.

M-Halbleiterbauelemente sind:

M-Diode, M-Thyristor, M-GTO-Thyristor, M-Triac, M-IGTB.

4.4.1 M-Thyristor

Drei aufeinanderfolgende $P_m N_m$ -Übergänge führen zum magnetischen Thyristoreffekt und zu magnetischen Bauelementen.

M-Thyristoren sind demnach magnetisch schaltbare Bauelemente mit z.B. einer Co- oder Dy-Scheibe, die vier aufeinander folgende M-Halbleiterzonen

enthält, wobei sich P_m - und N_m -Zonen abwechseln: $P_m N_m P_m N_m$ (Fig. 163).

Die M-Anode ist mit dem Metallgehäuse magnetisch leitend verbunden. Im Betrieb kann also magn. Spannung am M-Thyristorgehäuse anliegen.

M-Thyristoren - durch magnetische Signale *getriggert* - wirken wie *M-Kippschalter*. Die Benennung "magnetischer Thyristor" wird als Oberbegriff für alle Arten von magnetischen Bauelementen benutzt, die von einem *Sperrzustand* in einen *Durchlasszustand* (oder umgekehrt) umgeschaltet werden können.

M-Thyristoren lassen sich in P_m -Gate-Thyristoren und N_m -Gate-Thyristoren einteilen. Beim P_m -Gate-Thyristor ist die äußere P_m -Schicht die M-Anode, die äußere N_m -Schicht die M-Katode und die innere P_m -Schicht das Gate.

Funktionsweise

Der Gatestrom/-fluß Φ_G überflutet den inneren P_m -Feld-Leiter (Fig. 164 a) so stark, dass die in der Mitte liegende M-Sperrschicht abgebaut wird. Die verbleibenden P_mN_m -Übergänge sind je nach Richtung der magn.

Anschlussspannung zwischen M-Anode und M-Katode entweder beide in Durchlassrichtung oder in Sperrrichtung geschaltet und wirken dann wie der P_mN_m -Übergang einer M-Halbleiterdiode (Fig. 164 b).

Der M-Thyristor wirkt wie eine M-Diode, sobald magn. Gatestrom/-fluß fließt. Die magn. Durchlassspannung Θ_F und die zum Zünden erforderliche magn. Gatespannung Θ_{GK} liegen im gleichem Bereich (Fig. 164 c).

Beim M-Thyristor sind im Inneren drei M-Sperrschichten wirksam. Liegt zwischen M-Anode und M-Katode eine magn. Spannung, so ist mindestens eine dieser M-Schichten in Sperrrichtung gepolt. Die Richtung der magn. Spannung, bei der im M-Thyristor nur ein P_mN_m -Übergang in Sperrrichtung gepolt ist, nennt man *Vorwärtsrichtung*. Die Richtung, bei der zwei M-Sperrschichten in Sperrrichtung geschaltet sind, heißt *Rückwärtsrichtung*.

Verwendung

M-Thyristoren kann man als *M-Gleichrichter* oder als kontaktlose *M-Schalter* verwenden (z.B. als M-Feldmodulator).

4.4.2 M-GTO-Thyristor

Übliche M-Thyristoren können durch den M-Gatestrom/-fluß nicht gelöscht werden. Das Löschen ist jedoch bei M-GTO-Thyristoren (abschaltbare M-Thyristoren: gate-turn-off) über das Gate möglich. Zum Zünden und zum Löschen wird der M-GTO-Thyristor mit M-Impulsen wechselnder magnetischer Polarität angesteuert.

4.4.3 M-Thyristordioden

M-Thyristoren ohne M-Steueranschluß nennt man nach der Zahl ihrer M-Schichten M-Dreischichtdiode, M-Vierschichtdiode, M-Fünfschichtdiode.

M-Dreischichtdiode (M-Diac)

(M-Diac: Diode und alternating current = M-Wechselstrom)

Die M-Dreischichtdiode enthält ein z.B. Kobaltplättchen (oder Dy) mit den Schichten M-PNP (Fig. 165). Beim Überschreiten der M-Schaltspannung wird der M-Diac unabhängig von der Polarität magn. leitend. Beim Unterschreiten der M-Haltespannung sperrt der M-Diac.

M-Vierschichtdiode

Die M-Vierschichtdiode hat die M-Schichtenfolge $P_m N_m P_m N_m$.

Magn. leitend wird sie durch eine M-Schaltspannung, die ähnlich wie bei einem M-Thyristor die M-Vierschichtdiode zündet.

Man verwendet die M-Vierschichtdioden z.B. in M-Kippgeneratoren, als M-Impulsformer oder als magnetische Schalter (\rightarrow Feldmodulator).

M-Fünfschichtdiode

Bei der M-Fünfschichtdiode ist die M-Schichtenfolge $P_m N_m P_m N_m P_m$.

Unabhängig von der Richtung der angelegten M-Spannung schaltet die M-Fünfschichtdiode bei Erreichen der M-Zündspannung in den magn. leitenden Zustand.

Ergebnis

M-Thyristordioden werden z.B. zur Erzeugung von M-Spannungsimpulsen und damit zum Zünden von M-Thyristoren und M-Triacs verwendet. Zu diesem Zweck schaltet man sie vor das Gate des betreffenden M-Bauelements.

4.4.4 M-Triac

(M-Triac: Triode und alternating current = M-Wechselstrom/-fluß)

Zum Steuern von M-Wechselstrom/-fluß kann man rückwärts sperrende M-Thyristordioden in Gegenparallelschaltung verwenden, z.B. einen P_m -Gate-Thyristor und einen N_m -Gate-Thyristor (Fig. 166 a).

Rückt man den Aufbau beider M-Thyristoren zusammen (Fig. 166 a), so erhält man ein M-Halbleiterbauelement, welches das Verhalten der Gegenparallelschaltung hat, aber nur eine Steuermagnetode (Fig. 166 b und 166 c) benötigt.

Ein beliebig gepolter M-Impuls zwischen Steuermagnetode und benachbarter Magnetode schaltet einen der beiden M-Thyristoren unabhängig von der Richtung der M-Spannung im M-Laststrom/-flußkreis in den magn. leitenden Zustand. Die beiden Richtungen schaltbarer (bidirektionale) M-Thyristortriode nennt man M-Triac.

Verwendung

Der M-Triac wird für hohe magn. Spannungen und M-Ströme/Flüsse verwendet. Er lässt sich als Stellglied für M-Wechselstromverbraucher (z.B. in M-Dimmern) und als magnetronisches Schütz verwenden.

4.4.5 M-IGBT (Magnetic Insulated Gate Bipolar Transistor)

M-IGTB's sind magnetronische Halbleiterbauelemente, die in der Leistungsmagnetronik als magnetronische Schalter verwendet werden. Der M-IGTB vereinigt die wesentlichen Vorteile des M-FET (leistungslose Ansteuerung) und des bipolaren M-Transistors (gutes Durchlassverhalten für magn. Ströme/Flüsse).

Der M-IGBT ist also ein ideales Bauelement für den Feldmodulator der FKM (hoher Wirkungsgrad, starke magn. Ströme/Flüsse schalten).

Aufbau der M-Halbleiterstruktur

Der Aufbau des M-IGBT ist ähnlich dem eines Leistungs-M-ET, (z.B. M-MOSFET). Er unterscheidet sich durch ein unter dem N_m -Substrat liegendes P_m -Material, das den Kollektoranschluss V des M-IGBT bildet (Fig. 167).

Beim M-IGBT steuert ein M-Feldeffekttransistor einen bipolaren M-Transistor an. (Fig. 168). Wie beim M-MOSFET besteht ein M-IGBT aus vielen parallel geschalteten Elementen mit einem gemeinsamen Kollektor. Der M-IGBT hat drei M-Anschlüsse. Die M-Steuerung des M-Bauelements erfolgt über die Gate-Emitter-Strecke G-E. Der M-Laststrom/-fluß Φ_C fließt über die Kollektor-Emitter-Strecke C-E.

Schaltverhalten des M-IGBT

Die Ansteuerung erfolgt durch Anlegen einer positiven magn. Spannung (Θ_{GE}) an das Gate. Die Kollektor-Emitter-Strecke schaltet erst bei Überschreiten der magn. Gate-Emitter-Schleusenspannung durch. Im magn. leitenden Zustand der C-E-Strecke befindet sich der M-IGBT im Bereich der magn. Sättigung, d.h., die magn. Kollektor-Emitter-Spannung sinkt auf die magn. Sättigungsspannung Θ_{CEsat} .

Ergebnis und Eigenschaften des M-IGBT

- M-IGBT haben wie bipolare M-Transistoren einen kleinen magn. Durchlasswiderstand.
- Die magn. Durchlassverluste gegenüber vergleichbaren FETs sind deshalb gering.
- Die Ansteuerung des M-IGBT erfolgt wie beim M-FET fast leistungslos.
- Der M-IGBT ist in Rückwärtsrichtung nur begrenzt sperrfähig, so dass bei Bedarf M-Freilaufdiodenbeschaltung mit kurzen Abschaltzeiten (z.B. M-FRED-Dioden (Fast Recovery Epitaxial Diode = Freilaufdiode) aufgebaut sind.

Einsatz des M-IGBT

M-IGBTs werden im magn. Hochleistungsbereich für hohe magn. Sperrspannungen eingesetzt und können hohe magn. Durchlassströme schalten. Sie können mit Schaltfrequenzen bis zu 300 kHz in magn. Schaltnetzteile und in unterbrechungsfreien Magnetstrom/-flußversorgungen (z.B. M-Feldmodulator in Solid-State FKM), betrieben werden. M-IGBTs können als diskrete M-Einzelbauelemente, als M-Module (Baugruppe) sowie als M-Arrays (Anordnungen) hergestellt werden.

4.5. Ergebnis /Ausblick**4.5.1 E-Halbleiter-Bauelemente (E-Dioden, E-Transistoren, E-Thyristoren)**

Die Magnetronik ist sinngemäß und phänomenologisch auch auf *Ferroelektrizität* übertragbar; hier basieren die Kopplungsträger nicht auf Spinmomenten, sondern auf *Oberflächenladungen* der Kristalle, die die elektrisch spontane Polarisierung in den Domänen bewirken.

Auch diese ferroelektrischen Bauelemente können als E-Feldmodulator ausgebildet werden. Entscheidend ist: Es fließen keine Elektronen, sondern D-Flußquanten Φ_0 (Basis Oberflächenladungen der Kristalle mit Fluß Φ), d.h.

statt der magnetischen Flußdichte B mit magn. Feldstärke H besteht die elektrische Verschiebungsdichte D mit elektrischer Feldstärke E .

4.5.2 Supra-Halbleiter

Der Supraleiter hingegen ist ein *elektrisches* System und benutzt "Cooper-Paare" als "gebundene" Leitungselektronen.

Die hierzu passenden "Cooper-Loch-Paare" entstehen durch *fehlende* "Cooper-Paare" in einem Supra-"Halbleiter". Ein Supra-"Halbleiter" ist aus einem Nichtleiter-Kristall mit dotierten Supraleiterstoff-Fremdatomen (Cooper-Paar \rightarrow SN_m -leitend oder Defekt-Cooper-Paar \rightarrow SP_m -leitend) aufgebaut und kann so als Supraleiter Semiconductor Bauelement eingesetzt werden (SM-BT und SM-FET), auch um als SM-Feldmodulator ausgebildet zu werden.

Das Atom muß ein antiparalleles Elektronen-Paar zuviel = Elektronen-Paar (SN_m) oder zu wenig haben = Elektronen-Loch-Paar (SP_m). Daraus entstehen die "gebundenen" Leitungselektronen-Paare oder Löcher-Paare im M-Supra-Halbleiter.

Es sind auch elektrische E-Supraleiter und elektrische Supra-Halbleiter (SE-Typ) herstellbar, die mit einem D-Feld statt M-Feld arbeiten (\rightarrow Supra-magnetische Ströme/Flüsse).

4.6. Weitere Anwendung Magnetronik

Die magnetischen und elektrischen Feld-M/E-Halbleiter können auch als Semiconductor Bauelemente in magnetischen oder elektrischen Feld-Schaltkreisen, z.B. Computer-Chips und in Nano-Struktur (wegen fehlender Erhitzung durch Elektronentransport in den Leiterbahnen), mit Feld-Strömen/Flüsse und Signalausbreitung in Phasen-/Gruppengeschwindigkeit statt Elektronen-Strömen (Triften der e^- in den Leiterbahnen), hergestellt und genutzt werden.

Auch Supra-Feld-Halbleiter können als Bauelemente in magnetischen oder elektrischen Feld-Schaltkreisen genutzt werden.

5. M-/E- Feld-Halbleitermodulatoren

5.1. M-BT Inline-Feldmodulator

5.1.1 M-BT = magnetischer Bipolar Transistor

- Leitfähigkeitssteuerung.
- Magnetstrom/-flußgesteuertes, verstärkendes oder schaltendes Bauelement
- Bipolar = zwei verschiedene Magnetisierungsträger: Magnetronen N_m und M-Löcher P_m .

3 Zonen unterschiedlicher Leitfähigkeit μ_0/μ_r .

Zonen: Emitter E Dotierung hoch $\rightarrow \mu_0/\mu_r$ max. = hohe Zahl FA

Basis B Dotierung wenig $\rightarrow \mu_0/\mu_r$ geringe = Zahl FA

Kollektor C Dotierung niedrig $\rightarrow \mu_0/\mu_r$ min. = niedrige Zahl FA

- Die Verhältnisse der magn. Leitfähigkeit im E bzw. C bewirken auch die Vorzugsrichtung für den Funktionsmechanismus (normale Betriebsrichtung). In umgekehrter Betriebsrichtung (Inversbetrieb) sind die magn. Eigenschaften deutlich schlechter.

- M-Transistoreffekt = Kopplung, wenn EB- und BC-Übergänge sehr nahe beieinander liegen.
- Polung der Übergänge:
EB-Zone = Durchlassrichtung → Injizierung von Magnetisierungsträgern in die Basiszone
BC-Zone = Sperrichtung → Raummagnetisierungszone mit starkem magn. Feld.
- Beachte die Anpassung von E, B, C an den Arbeitspunkt in B-H_a-Kennlinie

5.1.2 M-BT Inline-FM-Konstruktion (Fig. 169)

5.2. M-FET Inline-Feldmodulator

5.2.1 M-FET = magnetischer Feldeffekt Transistor

- Kanalquerschnittsteuerung.
- Unipolar = 1 Magnetisierungsträgerart = 1 Zone bestimmter Leitfähigkeit $\mu_0\mu_r$, N_m (Magnetronen) oder P_m (M-Löcher), z.B. dotierter Co-Einkristall.
- Magnetspannungsgesteuertes, verstärkendes oder schaltendes Bauelement. Im M-FET steuert ein magn. Feld *quer* zum Kanal den magn. Widerstand der Source-Drain-Strecke.
- Die magn. Gate-Source-Spannung steuert praktisch *leistungslos* den Drainstrom/-fluß.

5.2.2 M-Sperrschicht-FET

- Gate G = Steuermagnetrode: Steuerung des magn. Stromes/Flusses durch eine magn. Spannung (beachte Arbeitspunkte in B-H-Kennlinie)
Gate: Bei Erhöhung der *negativen* magn. Spannung dehnen sich die Raummagnetisierungszonen stärker in den Kanal ($N=+ \rightarrow S=-$) hinein aus und schnüren die magn. Strom/Flußbahnen ein.
- Source = Quelle (N-Pol)
- Drain = Senke (S-Pol)
- Im leitfähigen Kanal fließt *ohne* angelegte magn. Spannung an G ein Magnetstrom/-fluß zwischen Source und Drain.

5.3 M-Isolierschicht-IG-FET (M-MOS-FET)

- IG Gate-Isolierung
- Die CoO-Isolierschicht hat eine relative Permeabilität von ca. $\mu_r = 3,84$
- **Selbstleitender M-FET (Verarmungstyp)**
Magn. Feld der Gatespannung *verdrängt* bewegliche Magnetisierungsträger aus der Kanalzone, die dadurch an Magnetronen bzw. M-Löchern verarmt. Bei der magn. Gate-Source-Spannung null *fließt* schon ein Drain-Strom/Fluß: Die Übergänge sind *offen*.

- **Selbstsperrender FET (Anreicherungstyp)**

- Bei der magn. Gate-Source-Spannung null fließt *kein* Drain-Strom/Fluß: Die Übergänge sind *gesperrt*.
Beachte bei N-Kanal FET Polung der Gate-Source-Spannung mit *positivem* Pol: Das M-Feld zieht die freien Magnetronen an die Oberfläche des Kristalls → es entsteht ein leitfähiger Pfad beweglicher Magnetronen zwischen S und D, ein N_m -Kanal. Vergrößern der magn. Gatespannung reichert die Magnetisierungsträger im Kanal an.

5.4 M-IG-FET Inline FM-Konstruktion (Fig. 170)

5.5 M-IGBT Inline-Feldmodulator

5.5.1 M-IGBT = magnetischer Insulated Gate Bipolar Transistor

- M-IGBT = Vereinigung von MBT (gutes Durchlassverhalten) mit M-FET (leistungslose Ansteuerung).
- Kleiner magn. Durchlasswiderstand.
- Ansteuerung fast leistungslos.
- M-IGBT in Rückwärtsrichtung nur begrenzt sperrfähig (Ein M-Freilaufdioden).
- Anschlüsse: Emitter E, Kollektor C, Gate G, Steuerung über G-E-Strecke, magn. Laststrom/-fluß Φ_C über C-E-Strecke.
- Beachte Arbeitspunkt in B-H_a-Kennlinie.

M-IGBT Inline FM-Konstruktion (Fig. 171)

D. Vorteilhafte Wirkung der Erfindung

Erfindungsgemäß weist die Magnetronik / magn. Feld-Halbleiterbauelemente & M-/E-Halbleiter-Feldmodulatoren verschiedene Vorteile auf.

Da die Magnetronen und Magnetronen-Löcher nicht mit den positiven Ionenrümpfen kollidieren, wird auch keine Wärme im üblichen Sinne erzeugt.

Wegen der fehlenden Wärmeerzeugung sind die magnetronischen Bauelemente in Mikro- sowie Nanostruktur herstellbar.

Der Transport der Flußquanten (Magnetronen / Magnetronen-Löcher) erfolgt mit Phasen-/ Gruppengeschwindigkeit im magnetischen Halbleiter.

Anwendung

Phasen-/Gruppengeschwindigkeit

Skalierung: Nano im Volumen 10^9 mal kleiner als Mikro plus den Vorteil der kurzen Wege bezüglich der Signal-Verarbeitungszeit (ca. Faktor 100 schneller, z.B. im NanoComputer.

Hinzu kommt, dass die magnetronischen Bauelemente keinen äußeren elektrischen Strom benötigen, weil:

- a) Eine Feldkraftmaschine in Mikro- oder Nanostruktur als Stromgenerator mit auf dem Chip platziert werden kann, um eine notwendige elektrische Energieversorgung zu gewährleisten, z.B. für magnetfelderzeugende aktiv modulierbare Spulen etc.

- b) die Magnetronik an sich keinen elektrischen Strom verbraucht.

Es sei noch darauf hingewiesen, dass die gesamte Magnetrotechnik und Magnetronik auch im elektrischen Feld mit Bausteinen aus Ferroelektrika angewendet werden kann (hier sind Oberflächenladungen die Polarisatoren). Ansonsten können alle elektrischen E- Feld-Halbleiterbauelemente analog den magnetischen aufgebaut werden (→ elektrische Hysteresephysik).

Desweiteren wird der Supraleitende M-/E-Halbleiter erfindungsgemäß beschrieben .

C. Beschreibung eines Weges zur Ausführung der Erfindung des Feldkraftgenerators

1. Feldkraftgenerator (Beispiel FKG mit 1 PM-Paar und 2 symmetrisch kinematische FM's)

1.1 Fig. 172 a - e: FKG-Maschinen-Konstruktion

Beispiel Drehmomentumwandlung per Freilaufkupplung

a) Vertikal-Längs-Schnitt (Fig. 172 a) und b) Aufsicht (Fig. 172 b)

Es wird das Grundprinzip einer Feldkraftmaschine, Typ Feldkraftgenerator (FKG), gegliedert in ein Power-Gehäuse-Modul und Kurbel-Gehäuse-Modul, gezeigt.

Die Feldkraftmaschine befindet sich bei geschlossenem Feldmodulator (FM) im Gleichgewichtszustand und in OT-Position eines Kraft-Drehmoment-Wandlers und einer Kurbelwelle. Der Kraft-Drehmoment-Wandler ist im gezeigten Beispiel eine nur in einer Drehrichtung kraftumwandelnde Freilaufkupplung und kein Pleuellängen-Variator-System, mit dem besonderen Vorteil, daß die Freilaufkupplung die Kraft in der Kraft-Weg-Kennlinie der Feldbatterien (FB) vom Maximum der Kraft an umwandeln kann.

Ein Starter-Einwellen-Motor-Generator (MG) startet die Rotationsbewegung und Energieauskopplung des Feldkraftgenerators (FKG).

Die Feldbatterien (FB1 und FB2), in ihrer Feldkraftwirkung gesteuert durch einen über einen Elektromotor angetriebenen Feldmodulator (FM), treiben, im Öffnungs-Takt des Feldmodulators (FM), unter Krafteinleitung +F, und richtungsgeführt in einer Trennwand zum Kurbel-Gehäuse-Modul, je ein Gelenk mit zwei Schubstangen, die FK-Schubstange unter Last +F, an.

Die Schubstange (FK) leitet die Kraft +F in OT-Stellung über ein Drehgelenk im Schnittpunkt 45° nach OT auf dem Freilaufkupplungs-Drehkreis ein.

Dieses Drehgelenk bewegt sich unter Last auf dem Freilaufkupplungs-Drehkreis mit einem Hubwinkel von 90° von OT nach UT, um mit dem, über Klemmkörper geklemmten Translations-Rotations-Wandler Typ "Freilaufkupplung" (FK), die Kraft in ein Drehmoment auf der Kurbelwelle umzuwandeln.

Die zweite Schubstange (P), gekoppelt über den Hubzapfen der Kurbelwelle auf dem Kurbelkreis der Kurbelwelle, bewegt diesen Hubzapfen im Arbeitstakt, unter Drehung der Kurbelwelle, von OT = 0° KW nach UT = 180° KW.

Nach Überschreiten der UT-Position der Kurbelwelle drückt die Schubstange "Pleuel" (P) im Leerhub ohne Last, wegen der zuvor auf die Schwungscheibe (S) übertragenen kinetischen Energie, den Kurbelzapfen von der UT- zur OT-Position. Dadurch wird die Freilaufkupplung, ohne Klemmung der Klemmkörper, in die Ausgangslage zurückgedreht. Die Freilaufkupplung

oszilliert also im Arbeits- und Leerhub mit 90° , während die Kurbelwelle eine volle Umdrehung ausführt, um den Feldkraftgenerator (FKG) in die Ausgangslage zur Einleitung eines neuen Arbeitstaktes mit +F zurückzustellen.

Beide Schubstangen-Paare sind auf der Kurbelwelle um 180° phasenversetzt. Dadurch kann die Feldbatterie (FB1) als Magnet-Kolben K1 die Arbeitskraft +F bei OT = 0° KW in der 180° KW-Position, und die Feldbatterie (FB2) als Magnet-Kolben K2 gleichzeitig die Arbeitskraft +F bei OT = 0° KW in der um 180° phasenversetzten 0° KW-Position, über den Kraft-Drehmoment-Wandler mit Kurbelwellen-Rückstellung, einleiten.

c) Prinzip symmetrische FM-Anordnung (Fig. 172 c) mit Feldmodulator-Ansicht, -Schnitt und Zahnstangen-Antrieb in Aufsicht
Der kinematische Feldmodulator (FM) ist, wegen des Impulsausgleiches und kürzerer Schaltzeit (kürzerer Weg), in symmetrischer Bauweise ausgeführt (FM1 und FM2). Die Öffnung und Schließung erfolgt über gegenläufige Zahnstangen (Zahnstange), die über ein Ritzel angetrieben werden. Zur Unterbrechung der Wirbelströme ist die Feldmodulatorplatte in Streifen mit den Nummern 1-5 unterteilt.

Der Feldmodulator (FM) bewegt sich auf einer Äquipotentialfläche senkrecht zu den Feldlinien der Feldbatterien (FB), also senkrecht zur magnetischen Vorzugsrichtung, die als U-Magnete ausgebildet sind. Die Nordpole sind mit (+) und die Südpole mit (-) bezeichnet.

d) Detail FM Schaltmechanismus (Fig. 172 d)
In der Ansicht, Aufsicht und im Schnitt A-A wird alternativ gezeigt, wie die transversale Feldmodulatorbewegung durch einen 2-Gelenk-Hebelmechanismus, eingeleitet durch die Drehbewegung einer Welle und angeschlossenem Elektromotor, realisiert wird.

e) Vertikal-Schnitt FM (Fig. 172 d)
Eine weitere Alternative, gezeigt in einer Ansicht, Aufsicht und Schnitt, zeigt die transversale Feldmodulatorbewegung, realisiert durch eine direkte Kopplung mit einem Drehstrom-Linearmotor, der die Oszillation zwischen "Auf-" und "Zu-"Stellung herbeiführt.

Der Unterschied zwischen den Antriebs-Alternativen "gegenläufige Zahnstangen", "2-Gelenk-Hebelmechanismus" und Drehstrom-Linearmotor, liegt im Verschleiß und in der Höhe des Aufwandes an kinetischer Energie, d.h. der Antriebsenergie für den Feldmodulator (FM).

Die FKM-Steuerung, Blockschaltbild (Fig. 173)
Die FKM-Steuerung, Blockschaltbild (Fig. 173) zeigt, wie das Beispiel Feldkraftmotor gesteuert und messtechnisch kontrolliert wird.

Feldbatterien (multiple PM's) (Fig. 174)
Mit der Anordnung multipler Feldbatterien wird eine kovariante Krafteinleitung gezeigt, d.h. der parallelen Einleitung der Kraft +F durch

einen zweiten, simultan arbeitenden, Magnet-Kolbensatz, der im "Leerhub" außerdem die Rückstellung des ersten Magnet-Kolbensatzes von der UT- nach OT-Position durch eine Gegenoszillation bewirkt. So werden beide Hub-Wege der Kurbelwelle mit der Kraft +F belegt.

1.2 FKM-Steuerung

FKM-Steuerung, Blockschaltbild. (Fig. 173)

A. Steuerung

1.0 Power

1.1 On/Off Schalter + Lampe

1.2 Sicherung

1.3 Starter

- a) Scheibenläufer-Motor oder
- b) Drehstrom-Synchron-Permanenent-Motor mit hoher Polzahl (max. Drehmoment), $n_{\max} 15.000 \text{ min}^{-1}$, hat höchsten Wirkungsgrad

1.4 Betriebszeit (t)

Quarzoszillator

1.5 Ladezustand Batterie (V)

Lithium Ion oder Lithium Polymer Batterie

Reglerlampe: Drehstrom Klauenpolgenerator 14V, (bis 1600 W, 120A)

1.6 Kühlung Power-Cube (temperaturgeregelt)

- a) Außenkühlung mit Ventilator oder
- b) Innenkühlung mit Peltier-Element (Strom aus Überschuß der FKM)

2.0 Feldmodulator: FM-Regler für elektr. Ansteuerung

2.1 Auf/Zu

100% = „Auf“ bei OT = KW 0°

0% = „Zu“ bei UT = KW 180°

Regler A1 = % „Auf“ bei/nach OT = KW $0^\circ - \varphi^\circ$

A2 = immer „Zu“ bei UT = KW 180°

2.2 Verschlußgeschwindigkeit (t)

Regler für Spulen-Strom (Impuls I)

→ Öffnungs-/Schließ-Zeit des FM bei 0° bzw. φ° nach OT

2.3 Verschlußzeitpunkt KW φ° nach OT

Regler B = Spät-Verschluß (0° KW bis $+\varphi^\circ$ KW nach OT)

3.0 Leistungsregelung

Schalter schaltet manuell in Betriebsweise 1. oder 2.:

- 1. Bei Drehzahl- und Beschleunigungs-Regelung FKM in Betriebskurve mit max. Wirkungsgrad betreiben.

2. Bei Beschleunigung: FKM mit max. Leistung betreiben; wenn die Batterie fast entladen ist, dann umschalten auf Betriebszustand 1.) mit max. Wirkungsgrad zum Wiederaufladen der Batterie.

5

B. Meßgeräte

Mit Ausgängen für Vielkanalschreiber/Oszillograph

1.0 Mechanik Feldmodulator: Kraft, Weg, Zeit

1.1 Feldmodulator (FM)

10

1.1.1 Position OT für "Auf" bei KW = 0° - φ° nach OT:

Kraft auf FM (N),
Weg (mm, \rightarrow % „Auf“) offen,
Zeit (s) (gemäß Impuls)

Sensoren:

15

Kraftmessung mit Federkörper oder induktiv
Differenzialspulensensor: Weg
Piezoelektrischer Sensor: Kraft, Druck, Schockwellen
Piezoelektrischer Beschleunigungssensor: Beschleunigung
Tauchmagnetsensor: Geschwindigkeit

20

1.1.2 Position UT für "Zu" bei KW = 180° :

Kraft auf FM (N),
Weg (mm),
Zeit (s)

Sensoren:

25

Kraftmessung mit Federkörper oder induktiv
Differenzialspulensensor: Weg
Piezoelektrischer Sensor: Kraft, Druck, Schockwellen
Piezoelektrischer Beschleunigungssensor: Beschleunigung
Tauchmagnetsensor: Geschwindigkeit

30

1.2 Spät-Verstellung, FM-Verschlußzeitpunkt

Verstellung FM-Verschluß (KW φ° nach OT)

1.3 Pleuel (P)

35

1.3.1 Kraft auf FB1-Pleuel (N), Position OT: Abstoßung OT \rightarrow UT,

Weg (mm),
Zeit (s),

Sensoren:

40

Kraftmessung mit Federkörper oder induktiv
Differenzialspulensensor: Weg
Piezoelektrischer Sensor: Kraft, Druck, Schockwellen
Piezoelektrischer Beschleunigungssensor: Beschleunigung
Tauchmagnetsensor: Geschwindigkeit

45

1.3.2 Kraft auf FB2-Pleuel (N), Position UT: kraftlos UT \rightarrow OT,

Weg (mm),
Zeit (s),

Sensoren:

50

Kraftmessung mit Federkörper oder induktiv
Differenzialspulensensor: Weg

Piezoelektrischer Sensor: Kraft, Druck, Schockwellen
 Piezoelektrischer Beschleunigungssensor: Beschleunigung
 Tauchmagnetsensor: Geschwindigkeit

- 5 **2.0 Elektrik Feldmodulator**
 2.1 Eingang-FM (Spulen-Strom I, -Spannung V, -Leistung W)
 2.2 FM nichtlineare Strom-Impulskurve (I) (für Verschlußgeschwindigkeit)
 2.3 Magnetfeld: Magnetfeldsensor
 10 2.3 Temperatur (T) FM, Silicium-Temperatur-Fühler
 2.4 Temperatur FB1, FB2, Silicium-Temperatur-Fühler

- 3.0 Feldkraftmaschine FKM**
 3.1 Drehzahl (n), Tachogenerator
 3.2 Drehmoment (Nm)
 15 3.3 mech. Leistung (W)
 3.4 elektrische Daten:
 3.4.1 FM-Eingang (I,V,W)
 3.4.2 FKM-Ausgang (I,V,W)
 3.4.3 Differenz FKM-FM (I,V,W) → Wirkungsgrad
 20 3.4.4 Wirkungsgrad %
 3.5 Temperatur im Power-Cube, Silicium-Temperatur-Fühler
 3.6 Option: Kühlung elektrisch mit Peltierelement aus Überschußenergie,
 statt Ventilator-Belüftung
 25 3.7 Temperatur am Widerstand = Verbraucher (Ausgang FKM),
 Silicium-Temperatur-Fühler

2. Feldbatterie (multiple PM's) (Fig.174)
Multiple PMs und Oszillation OT→UT/UT→OT

30

3. Feldkraftmotor **Elektrischer Feldkraft-Motor (FKE-Impulskonverter)**

- 35 **A. Technisches Gebiet, auf das sich die Erfindung bezieht**
 Im Gegensatz zum magnetischen Feldkraft-Generator benötigt der
 Feldkraft-Motor *elektrische* Energie, die zunächst aus dem Feldkraft-
 Generator gewonnen werden kann (in Pufferbatterie zwischengespeichert).
 Der FKE kann seine elektrische Energie auch von einer anderen elektrischen
 "Quelle" beziehen.

40

Im Feldkraft-Motor wird *kein* FM benötigt, dafür werden aber **Magneser** bzw.
Elektreser erfindungsgemäß eingesetzt.

45

B. Zu lösende technische Aufgabe

Gegenstand der Erfindung des Felfkraftmotors ist die Erzeugung von Magnetfeldern durch Magneser (gilt analog für Elektreser mit elektrischen Feldern).

Der Felfkraftmotor kann z.B. als Elektro-Hubkolbenmotor ausgebildet werden. Im Gegensatz zum FKG wird kein FM/PS benutzt, sondern die elektrische Primärenergie dient zur Speisung von Erregerspulen mit speziellen Verstärker-Kernen, die ein abstoßendes (oder anziehendes) Feld erzeugen. Die Spule, mit am Arbeitspunkt des Materials abgestimmtem und verstärkendem passiven Kern-Material oder Hohlraumresonator mit aktivem Wirtskristall, wird Magneser bzw. Elektreser genannt.

C. Darstellung der Erfindung

Erfindungsgemäß ist das Wirkprinzip der **Magneser-Maschine = Magneser-Motor** bzw. **Elektreser-Maschine = Elektreser-Motor** nachfolgend erklärt :

1. Spule mit verstärkendem Kern

Eine Maschine mit sehr hoher Magnetfeldverstärkung am Arbeitspunkt eines hochleitfähigen ferromagnetischen Stoffs (hohe Leitfähigkeit → hohe Verstärkung der Magnetisierung). Durch Impulsmagnetisierung mit Pulskompressionstechnik am Arbeitspunkt erfolgt die Magnetisierung.

Dieser hoch nichtlineare, durch den Stoff am Arbeitspunkt magnetisch verstärkte Feld-Impuls, ermöglicht es, dass in dieser Maschine, eine nicht-lineare Felfkraft-Stoßwelle (diese wird wie das Klopfen im Verbrennungsmotor, bedingt durch die Verbrennungsfront mit Schallgeschwindigkeit, kontrolliert)

erzeugt wird.

2. Aktiver Festkörper-Magneser / Festkörper-Elektreser

Als Analogie zu einer "Laser-Maschine" (Licht-Stoß / Impuls = Lichtblitz, gepumpt im Lasermaterial durch Licht), wobei die Magnetfeldverstärkung kohärent im dotierten magnetischen Wirtskristall stattfindet. Hierbei findet ein magnetischer (bzw. elektrischer bei Elektreser) Pumpvorgang (parametrische Erregung / Verstärkung mit Pumpfrequenz) mit Pulskompressionstechnik (analog einem Laser) statt. So entsteht ein magnetischer "Blitz", magnetisch gepumpt im Magnesermaterial.

3. Magneserdiode, Elektreserdiode

Wirkprinzip Magneser / Elektreser

1. Spule mit verstärkendem Kern

Die magnetische Wirkung ist um so größer, je *größer* die Durchflutung Θ und je *kleiner* die mittlere Spulenlänge ist (mittlere Feldlinienlänge).

Die Erfindung wird durch die 1. und /oder 2. Optimierung erklärt.

1. Optimierung

Optimierung des Maximums der magnetischen Wirkung zwischen Maximierung von $\Theta = I \cdot N$ bei Minimierung von L_m .

Folge: Viele kleine Spulen in einer x-y-Matrix oder Dreiecks-Netz und in z-Kaskade angeordnet ergeben viel mehr magnetische Wirkung als eine große Spule mit großem I_m .

Ein Magnet hat eine um so größere Kraftwirkung, je dichter die magnetischen Feldlinien sind, also je *größer* der magnetische Fluß und je *kleiner* die Fläche ist, die von ihm durchsetzt wird.

2. Optimierung

Maximierung des magnetischen Flusses mit Minimierung der Fläche.

Folge: Viele kleine Spulen in einer x-y-Matrix oder Dreiecks-Netz und in z-Kaskade angeordnet ergeben viel mehr magn. Kraftwirkung als eine große Spule mit großem A.

Spule mit Kern als magnetischer Verstärker

Der Kern ist bei maximaler Aussteuerung magnetisch gesättigt; ab der Sättigung tritt *keine* Verstärkung mehr ein. Erfindungsgemäß wird der höchste Verstärkungsfaktor beim Arbeitspunkt A_3 (μ_{\max}) in optimierten Kernen und Spulen verwendet, weil dann der Energieeinsatz am geringsten und die Verstärkung am höchsten ist. Die o.g. Optimierungskriterien sind für den Wirkungsgrad des Feldkraft-Motors ausschlaggebend.

Weitere Optimierungskriterien

- a) Beim weichmagnetischen Stoff ist der Entmagnetisierungsfaktor $N=1$ mit $-(BH)_{\max}$ (negative Energie) zu beachten. Der Kern ist zuerst zu optimieren, danach die Spule.
- b) Ebenso wie beim PM wird bei der Optimierung das *Optimum von Haftkraft zu Gewicht des Magneten* (hier mit Kern + Spule + Rückschluß, je nach Design) angewendet (das optimierte Verhältnis $V=H/G$).
- c) Auch die transversale Kraft-Weg-Kennlinie ist für Transversal-Maschinen maßgebend.
- d) Der Kern kann lamelliert werden (mit Oxid-Isolationsschichten gegen Wirbelstrom-Verluste), bei Ein-, und Einkristallen sind diese entlang der magn. Vorzugsrichtung zu teilen. Es ist die Kristall-Anisotropie etc. zu beachten, ggf. können kornorientierte Bleche verwendet werden.
- e) Es sind hochpermeable Stoffe zu verwenden
Bei der Optimierung ist zu beachten: Vom höchsten μ_{\max} aller Legierungen ausgehen und die dazugehörige Induktion B_{opt} [T] anwenden, *das ist der höchste Verstärkungsfaktor*.
Dies ergibt viele kleine Magneten in einer Matrix und Kaskadenanordnung (Magneten-Batterie).
Besonders vorteilhaft ist die Verwendung von Einkristallen, die zu - Lamellenpaketen (wegen Wirbelströmen + Spinrelaxation) zusammengesetzt werden.

f) Auf die Impulspermeabilität und Induktionshub bei kleinem \dot{H} ist zu achten.

g) Auf die geometriebedingte Eigenresonanz des Kerns ist zu achten (Ummagnetisierungs-Verluste).

5

Induktion durch Impulsmagnetisierung + Pulskompression

Bei Feldänderung erhält man beim *Ein- und Ausschalten*

(Impulsmagnetisierung + Pulskompression) im Magneter ein sich *sehr schnell änderndes Magnetfeld* (deshalb werden in einer 2. Spule/leitender Induktionsring hohe Spannungen induziert) und damit eine große Änderung des magnetischen Flusses.

10

Magneter / Elektretter mit leitendem Verstärker-Kern

Folge: Verstärkungswirkung durch den bei A_3 abgestimmten ferro-/ferrimagnetischen Kern.

15

Diese Einheit von optimierter Spule und genau abgestimmten verstärkendem Kern, nennen wir *Magneter* bzw. bei ferro-/ferrielektrischem Stoff *Elektretter*, weil er durch Impulsmagnetisierung (Impulselektrisierung) mit Pulskompression mit hohen zeitlich verdichteten Stromimpulsen (nichtsineusförmiger Strom/Spannung), im Takt des Motors, gespeist aus der Feldkraftmaschine über ggf. eine Pufferbatterie, am Arbeitspunkt A_3 des Materials, verstärkt und gepulst betrieben wird.

20

2. Aktiver Festkörper-Magneter- / Elektretter

25

Hohlraumresonator mit dotiertem Wirtskern als magnetisch induzierte Emissions-Pumpe

Prinzip magnetischer Festkörper-Magneter / -Elektretter

Erfindungsgemäß besteht eine Analogie zum Laser darin, daß beim Magneter magnetisch aktives Material magnetisch gepumpt wird.

30

Der aktive Feld-Festkörper-Magneter, beim elektrisch aktiven Feld-Festkörper-Elektretter, kann in verschiedenen Wirtskristallen realisiert werden.

Das Prinzip besteht in einem Verstärker-Kern (Wirtskristall plus dotierte magnetisch/elektrisch aktive Atome) und induzierte / oder stimulierte magnetische/elektrische Emission (= aktiver Magneter/Elektretter)

35

Am Arbeitspunkt eines magn. aktiv ferro- / ferrimagnetischen Kerns, wird dieser Mittels magnetischem Pumpeffekt durch einen starken magn.

Hohlraumresonator zu einer kräftigen stimulierten magnetischen

40

Emission gezwungen. Die kohärente magnetische Verstärkung basiert auf einer magnetischen Besetzungsinversion. Als aktiv magnetisches Material kann ein Wirtskristall mit dotierten Ferroatomen dienen, z.B. Dotierung (ca. 1%) mit Neodym, Dysprosium, Erbium, Holmium etc.

Bei den Lanthanoiden werden die relativ tief innen liegenden magnetischen Energiezustände, die sogenannte 4f-Schale, sukzessive mit

45

Elektronen-Spinmomenten gefüllt. Die Spinmomente der äußeren Elektronenhülle, die die magnetischen Bindungszustände im Kristall bestimmen (Austauschintegral) stören die 4f-Schalen nur geringfügig. Die 4f-Schalen besitzen deshalb scharfe magnetische Energiezustände, die sich hervorragend zur Erzeugung von festfrequenter Magneterstrahlung eignen.

50

Die Oszillationsfrequenz, die an die Absorption angepaßt sein muß, ist abzustimmen an das aktive Material.

5 Ein HF-Feld B° regt die Übergänge in den beiden Richtungen an: Absorptionen, bei denen der Spin in einen energetisch höheren Zustand klappt, und erzwungene Emissionen, bei denen er in einen tieferen klappt. Die ersten entziehen dem HF-Feld Energie, die zweiten führen ihm welche zu. Die Übergänge hängen vom Besetzungsgrad und Anfangszustand ab.

10 Alternativ zum magn./elektr. Hohlraumresonator kann eine effiziente Hochleistungs-Magneserdiode / Elektreserdiode den Pumpvorgang (magnetische Anregung erzeugt die magnetische Inversion) vornehmen.

15 Das vorgenannte Prinzip funktioniert analog auch bei ferro-/ferrielektrischen Systemen; hierbei ist nicht der Spin, sondern die Oberflächenladung auf dem Kristall für den Elektreser maßgebend.

20 **Induzierte oder stimulierte magnetische / elektrische Emission von Flußquanten**

Beispiel am magnetischen Flußquant (analog für elektr. Flußquant). Ein Flußquant der Energie $E_F = E_2 - E_1$ kann ein Spinmoment von einem hohen magn. Spinmoment-Energieniveau E_2 auf ein tieferes magn. Spinmoment-Energieniveau E_1 stimulieren (Übergangsrate) → M-Emission.

25 Ein Flußquant der betreffenden magn. Energie kann aber auch *absorbiert* werden und damit ein Spinmoment vom tieferen magn. Energiezustand E_1 auf den höheren E_2 heben (Übergangsrate) → M-Absorption.

30 Um eine kräftige stimulierte magnetische Emission zu erhalten, muß eine magnetische Besetzungsinversion, d.h. $N_2 > N_1$ vorliegen; die magn. Besetzungsinversion wird durch magnetisches Pumpen mit Hilfe eines starken magn./elektr. Hohlraumresonators erzwungen.

35 Das Prinzip der M-Emission / M-Absorption kann auch auf M-Makros (Spinmoment-Kollektiv), wie Elementarzelle, Einkristall, Korn mit ihrer spontanen Ausrichtung (Spinmoment-Makro) - analog eines einzelnen Elektron-Spinmomentes - im Festkörper angewendet werden.

40 **Resonator = magnetischer Interferometer**

Der Magneser kann mit *aktivem magnetischen* Material, bei Elektreser elektrisch aktiviertem Material eingesetzt in einen magn. Resonator mit zwei magn. Spiegeln, versehen werden. In diesem magn. Resonator baut sich eine stehende magn. Welle auf (magn. Flußquanten), die sich in longitudinaler Richtung bewegen, durchqueren immer wieder das magnetisch aktive Material und werden magnetisch *kohärent verstärkt*, während solche magn. Wellen, die den Weg schräg zur Längsachse nehmen, sehr schnell das magn. aktive Material verlassen und nicht weiter verstärkt werden (beachte Kristall-Anisotropie). Bei der Bündelung / Verstärkung beachte man die magn. Brechung, die für diesen Effekt mit verantwortlich ist.

50

Der magn. Spiegel S_1 hat eine magn. Reflexion von 100%, während der Auskopplungsspiegel S_2 eine geringe magn. Transmission aufweist. Dadurch wird ständig ein Bruchteil der Flußquanten ausgekoppelt. Der Magneser bzw. Elektreser arbeitet im Impulsbetrieb.

Resonatorgüte

Während des magn. Pumpvorgangs wird die Resonatorgüte Q künstlich niedrig gehalten, so dass der Magneser nicht anschwingt und eine hohe magn. Besetzungsinversion aufgebaut wird. Erhöht man nun zu einem bestimmten Zeitpunkt die Güte (Güteschalter), so entlädt sich die ganze im magn. Resonator gespeicherte magnetische Energie in einem kurzen, leistungsstarken Magnetspuls.

Folge: magnetisch hohe Monochromasie und damit zusammenhängend *räumliche und zeitliche Kohärenz*.

Güteschalter: magnetische bzw. elektrische Zellen im Resonator eingebaut.

Magnetische / elektrische Güteschaltung (Q_m -/ Q_e -Switching)

Im Magneser- bzw. Elektresermedium kann die Anregungsenergie der magnetischen bzw. elektrischen Inversion gespeichert werden, wenn die Lebensdauer des oberen Magneserzustandes / Elektreserzustandes nicht zu kurz ist. Innerhalb der Zerfallszeit des oberen Zustandes kann man magnetische bzw. elektrische Feld-Energie in das magnetische / elektrische Medium mit einem Dauerstrichmagneser-/elektreser pumpen, wenn man gleichzeitig die Magneser-/Elektreseroszillation unterdrückt. Dazu wird ein Güteschalter verwendet, der den Gütefaktor des Magneser-/Elektreserresonators stark reduziert. Es wird für kurze Zeit eine magnetische bzw. elektrische Feld-Verstärkung aufgebaut, die die gesättigte magnetische bzw. elektrische Verstärkung des Dauerstrichbetriebs weit übersteigt. Bei Öffnung des Güteschalters führt diese große Verstärkung kurzzeitig zur Emission eines magnetischen bzw. elektrischen Riesenimpulses.

Höchstleistungs-Magneser / Elektreser

Durch geeignete magnetische bzw. elektrische Verstärker kann die magnetische bzw. elektrische Feld-Energie angehoben werden. Um zu extrem hohen Leistungen zu gelangen, müssen die magnetischen bzw. elektrischen Feld-Pulse während des Verstärkungsprozesses zunächst künstlich verlängert werden (wegen der extremen Leistungsdichte im Verstärkermedium). Nach der Verstärkung werden die magnetischen bzw. elektrischen Feld-Pulse einfach wieder komprimiert und stehen dann mit ihrer extremen Leistung im Kurzzeit-Magneser bzw. -Elektreser zur Verfügung.

Magnetisch aktives Material

Z.B. Neodym im Wirtskristall mit Dotierung (Ny wie gefrorenes Gas unabhängiger Atome); Wirtskristall muß hervorragende magn. Qualität besitzen und große Wärmeleitfähigkeit → Abwärme.

Magnetischer Spiegel

Z.B. mit periodischer magnetischer Brechungsindex-Modulation.

3. Magneserdiode, (Halbleiter-Magneser) Elektreserdiode (Halbleiter-Elektreser)

Die Größe der magnetischen bzw. elektrischen Bandlücke ist eine Eigenschaft des magnetischen bzw. elektrischen Halbleitermaterials.

Die magnetische Inversion kann man durch Injektion von Magnetisierungsträgern (Magnetronen und Magnetronen-Löcher auf der Basis von Magnetonen (μ_B^-) und Magnetonen-Löchern (μ_B^+)) in einem magnetischen Halbleiter mit $P_m N_m$ -Übergängen erzielen.

Die Magnetonen-Löcher sind positive magnetisierte, unbesetzte Elektronen-Spinzustände (μ_B^+) und können im Übergangsbereich mit einem Magneton-Spinzustand (μ_B^-) unter Emission eines Photons (Magnetron) "rekombinieren".

Vorwärtsbetrieb von $P_m N_m$ -Übergängen im magnetischen Halbleiter:

Im Bereich des Übergangs treffen Magnetronen im magnetischen Leitungsband und Magnetronen-Löcher (siehe Magnetronik) aufeinander und können unter Emission von magnetischer Strahlung (Magnetronen) rekombinieren.

Die Magneser- bzw. Elektreserdioden sind in Mikro- (Mikromagnetronik) und Nanostrukturen (Nanomagnetronik) herstellbar.

M- bzw. E-Halbleitersystem: Spaltflächen eines M- bzw. E-Kristalls formen die Endspiegel des magn. Stehwellenresonators. Die aktive $P_m N_m P_m$ -Zone + Schichtenfolge sind nur wenige μm dick. M-Resonatorlänge $L < 1$ mm.

Anwendung: Kleinmaschinen etc., Nanostrukturen

Wirkprinzip Feldkraft-Motor

1. Zwei-Magneser-Prinzip

Es werden nun zwei Magneser bzw. Elektreser in abstoßender (oder anziehender) Position (antiparallel in Repulsion) longitudinal gegenüberstehen, beweglich auf einer Achse montiert (Fig. 175).

Im Gegensatz zum Feldkraftgenerator befindet sich *kein Feldmodulator dazwischen* - die Magneser *berühren sich fast* - so wird die *extreme abstoßende* Impuls-Feldkraft an den Polen direkt nutzbar, ohne daß ein Luftspalt den Fluß mindert.

Nur die Polform kann z.B. konkav oder über den magnetischen Brechungsindex gestaltet werden (homogenisiertes Feld) oder es wird eine Helmholz-Spulen-Anordnung gewählt, um die abstoßende bzw. bei Umpolung anziehende Feldkraft *gleichmäßig* auf die Polflächen übertragen zu können (= Anpassung an Arbeitspunkt A_3 und Vermeidung überhöhter mechanischer Spannungsspitzen im Werkstoff).

Man kann je einen Primär-Magneser bei UT mit einem zweiten Magneser kombinieren, um die oszillierende Bewegung jeweils auch mit Abstoßung bei UT und Abstoßung bei OT zu kombinieren, so wird auch der negative Hub -h genutzt (Fig. 176).

a) Abstoßung, b) Anziehung -F, c) Abstoßung (umgepolt), d) Anziehung -F
Bemerkung:

- 1) Ohne Impulsausgleich: ein Magneser ist stationär und ein Magneser oszilliert.
- 2.) Mit Impulsausgleich: Zwei Magneser oszillieren.

5 Es kann ein *stationärer* Magneser (Stator) und ein *beweglicher/oszillierender* Magneser (Läufer) als Kolben (hier sind keine Gleichgewichts-Zustände mit FM wie beim FKG zu realisieren) verwendet werden, so dass die abstoßenden Kräfte bei OT und die abstoßenden Kräfte bei UT in der Maschine genutzt werden können (Boxer-Motor).

10 Es sind aber auch zwei gegenläufige bewegliche Magneser wegen des Impulsausgleiches möglich.

15 Es kann auch eine *Tauchspulen-Konstruktion* verwendet werden, denn diese hat in bezug auf den Hub eine bessere Kraft-Weg-Kennlinie, die dem Drehwinkel mit Drehmomentverlauf an der Kurbelwelle besser angepaßt werden kann (Fig. 177).

20 Auch kann das PM-Transversal-Prinzip als Hubkolben-Maschine verwendet werden (Fig. 178), in diesem Fall bleibt der Luftspalt konstant.

Technische Informationen

25 Wegen der schnell oszillierenden bewegten Massen kann zur Reduktion der kinetischen Energie die Luft-Spule z. B. aus Aluminium statt Kupfer verwendet werden - das Leistungsgewicht des Magnesers ist dann (wegen des Dichte- und spez. elektr. Widerstands-Verhältnisses) fast einen Faktor 2 besser.

30 Ebenso erhöht eine Luft- bzw. Wasserkühlung etc. die Leistung und senkt die Joule'schen Verluste.

Bei Elektresern wird statt der Spule ein Plattenpaar zur Erzeugung des elektrischen Feld-Impulses verwendet.

2. Ein Magneser- und ein Induktor- Prinzip

35 Ein Magneser ist mit längerem ferro-ferrimagnetischem Kern stationär (Stator) positioniert und erzeugt in einem auf diesem Kern beweglichen AL-Induktor (AL-Ring oder Sekundärspule als Induktions-Kolben = Läufer) einen starken Wirbelstrom: Die Änderung des Spulenstroms *beim Einschalten* induziert im AL-Ring einen Strom, dessen Magnetfeld dem Feld der Spule *entgegengerichtet* ist (Lenzsche Regel). Der Ring wird *abgestoßen*.

40 Beim *Ausschalten* haben beide Felder die gleiche Richtung. Der Ring wird *angezogen*. Wir benutzen diesen AL-Ring als Kolben, so dass die abstoßende Kraft bei OT und die anziehende Kraft bei UT in der Maschine verwendet werden kann (Fig. 179).

50 Trotzdem kann die Maschine auch mit einem bei UT positionierten zweiten Magneser verwendet werden (Nutzung von +F bei -h), so dass die *Abstoßung* beim Einschalten des zweiten Magnesers die *Anziehung* des Primär-Magnesers ergänzt (Addition der Kräfte / Stoßwellen) (Fig. 180).

M = Magneter, I = Induktor. a) $M_{1,2}$ stationär, I oszillierend
Es sind aber auch zwei gegenläufige bewegliche Läufer (Magneter / Al-Ring) wegen des Impulsausgleiches möglich.

5 Alternativen

Wie beim reinen Magneter Betrieb (ohne Induktor) kann ein Tauchspulen-Induktor-Prinzip für eine andere Kraft-Weg-Kennlinie oder ein Transversal-Induktor-Prinzip mit transversaler Hubbewegung verwendet werden.

10 3. Leistungsabtrieb

Der Abtrieb für die Leistung erfolgt beim Feldkraftgenerator wie folgt:

a) Direkte Erzeugung von Primärenergie über Wanderwellen-Synchron-Generator (Linearmaschine)

15 b) über Translation-Rotation-Wandler an:

- Drehstrom-Synchron-Generator oder
- das Drehmoment direkt als Maschinenantrieb.

Bei der Umsetzung der Arbeit ist der *Pleuellängen-Variator einzusetzen* - er ermöglicht eine direkte und
20 unmittelbare Umsetzung der abstoßenden Stoßwellen-Feldkraft bei OT (ggf. auch bei UT - je nach Konstruktion) mit einem *maximalen Hebelarm bei $\varphi=90^\circ$ KW statt wie bisher bei klassischer Kurbelwelle im Verbrennungsmotor mit $\varphi = 6^\circ$ bis 12° KW, je nach p_{\max} .*

25 D. Vorteilhafte Wirkung der Erfindung

Erfindungsgemäße Feldkraftmotoren mit Magnetern/Elektresern weisen verschiedene Vorteile auf.

30 Erzeugung der Arbeit des Feldkraftmotors

Im Gegensatz zum FKG wird beim FKE zur Erzeugung der abstoßenden (bzw. anziehenden) Feldkräfte ein Erregersystem (Spule mit Kern = Magneter, oder aktiver Festkörper-Magneter oder Halbleiter-Magneter) statt permanenter Felder benutzt. Analog kann der Elektreser (Basis elektrisches Feld) mit
35 seinen verschiedenen Prinzipien angewendet werden.

Wahlweise kann anstatt eines Gegen-Magnetes ein Induktor eingesetzt werden, in dem der starke magnetische Puls des Magnetes einen induzierten Wirbestrom mit abstoßendem Feld im Induktor erzeugt.

40 Der Vorteil dieses Motortyps besteht darin, daß mit geringer äußerer Energiezufuhr eine abgestimmte und sehr hohe Verstärkungswirkung einerseits und andererseits durch die Feldkräfte in Normalenrichtung eine wesentlich höhere Effizienz entsteht, als dies bei tangential wirkenden Motoren möglich wäre, obwohl tangential arbeitende Feldkraftmaschinen ebenso zum
45 Erfindungsanspruch gehören (Drehfeldkraftmaschinen (FKG, FKE).

Beide Maschinentypen FKG und FKE haben als Hubkolbenmaschinen deshalb eine ganz andere Kraft-/Drehmoment- und Leistungsentfaltung als klassische rotierende elektromagnetische Maschinen. Demzufolge entwickeln sie
50 eine wesentlich verbesserte Dynamik bei Verwendung als Antriebsaggregat,

und die Energie der Feldbatterie ist im Falle des FKG permanent vorhanden. Insofern wird durch den Feldkraftgenerator im Sinne einer Quelle Energie "erzeugt", weil permanente magnetische Feldenergie in mechanische Energie umgewandelt wird.

Folge der hohen bis extremen Verstärkung ist, daß die Maschine eine hohe bis sehr hohe Dynamik, Momentankraft und Momentandrehmoment abgeben kann. Im Gegensatz zu konventionellen elektrischen Antriebs-Maschinen (Motoren) beseitigt sie also die allseits bekannte Beschleunigungsträgheit klassischer Elektromotoren (siehe z.B. Autos).

4. Pleuellängen-Variator (PV)

A. Technisches Gebiet, auf das sich die Erfindung bezieht

Die Erfindung bezieht sich auf Kraft-Drehmoment-Wandler, die eine Linearbewegung in eine Rotationsbewegung mit wesentlich höherer Effizienz vornehmen.

B. Einschlägiger Stand der Technik

Bei der klassischen Kurbelwelle (Kraft-Drehmoment-Wandler) wird die Arbeit bei maximalem Verbrennungsdruck eines Hubkolben-Verbrennungsmotors (siehe p, V-Diagramm) bei ca. 6-12° KW eingeleitet.

Der Hebelarm zur Erzeugung des maximalen Drehmomentes bei maximalem Druck ist also relativ klein.

C. Zu lösende technische Aufgabe

Gegenstand der Erfindung ist ein Pleuellängen-Variator, der die Kraft bei 90° Kurbelwelle einleitet und in ein Drehmoment umsetzt.

D. Darstellung der Erfindung

Da die Kraft im Abstand null zwischen den Magneten am höchsten ist und diese Kraft außerdem mit einem größeren Hebelarm bei 90° KW umgesetzt werden soll, wurde ein Pleuellängen Variator in 4 Varianten erfunden.

Grundsätzlich bleibt der Kolben in OT- bzw. UT-Position stehen bis sich der Hubzapfen der Kurbelwelle von 0° (OT) nach 90° (OT') KW bzw. von 180° (UT) nach 270° (UT') KW gedreht hat - die Höhendifferenz wird durch den Pleuellängen-Variator ausgeglichen.

Kurbeltrieb mit Hebelarm bei $\varphi = 90^\circ$ KW: der Pleuellängen-Variator

Bei der Feldkraftmaschine besteht ein grundsätzlicher Bedarf für eine andere Lösung als der klassische Kurbeltrieb, weil die Kraft-Weg-Kennlinie bei OT sehr stark abfällt (magnetisches Vektorpotential in Normalenrichtung an den Polflächen, ähnlich Coulomb-Potential), wenn sie nicht durch eine geeignete Polflächenform oder TauchsysteM etc. in der Kraft-Weg-Kennlinie flacher ge-

staltet wird - sie beginnt in ihrem Kraft-Maximum jedoch immer bei OT und nicht 6-12° KW nach OT, wie das Druck-Maximum eines Otto- oder Diesel-Motors.

Ziel der Erfindung des Pleuellängen-Variators ist die Einleitung der Impulskraft bei $\varphi=90^\circ$ KW und die Einführung einer Ruhephase für den PM-Kolben bei OT $\varphi=0^\circ-90^\circ$ KW, während sich die Kurbelwelle bis $\varphi=90^\circ$ KW weiterdreht. So gewinnt man Zeit (der/die PM-Kolben bewegt/en sich nicht), um den Feldmodulator kinematisch *langsamer* aus der Gleichgewichtsposition heraus zu schalten, und um den Felddruck aufbauen zu können (Auf-Position bei OT = Ungleichgewicht der PM's), oder bei der stationären Lösung das entsprechende Feld im FM bei OT zu deaktivieren (→ Abstoßung der PM's).

Gleiches Prinzip gilt für die UT-Position, in der der kinematische FM wieder in die Zu-Position bewegt wird, damit die PM-Kolben bei ihrem Weg in die OT-Position sich nicht abstoßen (Gleichgewichts-Zustand).

Auch die aktiven stationären FM's haben das zeitverzögernde Problem des Feldkraftaufbaus mit maximalem Druck, so dass die Totzeit der PM's in $\varphi = 0 - 90^\circ$ KW genutzt werden kann.

Lösungsvarianten mit Pleuellängen-Variator (PV):

1. **Höhenfunktion MKZ u. Δ VHZ relativ zur KW-Achse**
mit Nockenscheibe NS und Stößel auf KW
 - a) explizite Lösung
 - b) implizite Lösung
2. **Höhenfunktion Δ VHZ relativ zur KW-HZ-Achse**
mit Nockenscheibe NS und Stößel auf KW-HZ = implizite Lösung
(Variator-System rotiert mit)
3. **Ausgleichsgetriebe**
2 Variator-Pleuelstangen, je eine für K1 und K2, ca 180° versetzte HZ ($\Delta\varphi$).
4. **Ausgleichs-Kurvenscheibe ortsfest**
1 Variator-Pleuel für K1 und K2 mit separatem Hubteiler mit 1/2 H K1 und 1/2 H K2.

Funktion des PV

1. Kinematisches Prinzip / Aufgabe des PV

Der Pleuellängen-Variator (PV) hat die Aufgabe den Kolben, zwischen der UT-Position $\varphi=0^\circ$ KW und der Position OT' $\varphi=90^\circ$ KW, in seiner Lage konstant zu halten, während sich die Kurbelwelle weiterdreht.

Die gleiche o.g. kinematische Funktion des PV wird zwischen UT $\varphi=180^\circ$ KW und UT'=270° KW realisiert.

Die Verlängerungs-/Verkürzungsfunktion des PV wird durch ein variables oberes Pleuel P_1 mit ΔP_1 erreicht = 2. Kurbeltrieb.

Die Pleuel-Längen-Steuerung synchron und phasenbezogen zur Kurbelwellen-

drehung kann nach verschiedenen Prinzipien erfolgen, die nachfolgend beschrieben werden.

2. Konstruktion ΔP_1 -Pleuel-Längenvariation

2.1 Funktionsabschnitt Verlängern / Verkürzen

Im Funktionsabschnitt Verlängern / Verkürzen erfolgt dann keine Kraftübertragung, wenn der FM "ZU" ist \rightarrow Entlastung für ΔP_1 -Variator. Bei sinusförmigem FM₂-Öffnen und gleichzeitigem FM-Schließen des FM₁ überwiegt die Krafteinleitung auf P_1 bzw. ΔP_1 -Variator nach 1/2 FM-Bewegung.

Der kinematische FM könnte natürlich auch mit einem Nocken anderer Funktion bewegt werden (sogar Öffnen und Schließen verschieden) oder mechanisch entkoppelt und mit einem Linearmotor kurz vor $\varphi=90^\circ$ bzw. $\varphi=270^\circ$ sehr schnell bewegt werden, wenn keine Totzeit da wäre (bei $\varphi=0^\circ$) (beachte kinetische Energie, PM-Anziehungs- und Wirbelstromkräfte) - in der Zeitspanne davor wäre der ΔP_1 -Variator ohne Krafteinleitung.

2.2 ΔP_1 -Längenvariation

Die ΔP_1 -Längenvariation soll, wegen großer Längen- bzw. Kurvenscheiben-Differenz (je 1/2 ΔP_1), auf der Kurvenscheibe minimiert werden - entscheidend ist das Übersetzungsverhältnis des P_1 '-Längenvariators \rightarrow statt NS auf KW \rightarrow NS auf HZ.

2.3 Gegenbewegung Magnetkolben K2

Beim 2-ten Kolben ist die Bewegung von ΔP_1^2 entgegengesetzt (ΔP_1^1 verlängert, ΔP_1^2 verkürzt), da sich der Hubzapfen HZ auf der gegenüberliegenden KW-Position befindet.

2.4 Krafteinleitung

Entscheidend ist die Position OT_1' (Krafteinleitung +F) und UT_1' (Krafteinleitung -F). Die Pleuellänge ΔP_1 ist bei Pos. (3) (=Wendepunkt $\varphi=180^\circ$) voll ausgestreckt, der MKZ hat durch die Verkürzung zwischen $\varphi=180^\circ \rightarrow \varphi=270^\circ$ den tiefsten Punkt erreicht = UT_1' , so dass sich der Hub aus der Länge ΔP_1 ergibt d.h. aus der MKZ-Position.

2.5 Phasenversetzter Magnetkolben K2

Der Kolben K_2 ist im Steuerdiagramm um 180° phasenversetzt, d.h. er befindet sich in Pos. (4), wenn K_1 sich in Pos. (2) befindet, beide haben in dieser Position Kraft +F durch die Feldbatterie der PM's.

3. ΔP_1 -Steuerdiagramm

3.1 Explizite Lösung (Fig. 181, 182, 183)

Der PV besteht aus oberem Pleuel P_1 und unterem Pleuel P_2 . Der PV ist ein 2. Kurbeltrieb im oberen Kolbenzapfen (OKZ) und integriert in den oberen Pleuel P_1 , er bewirkt den phasenrichtigen Längenausgleich ΔP_1 zur Kurbelwellenposition.

3.2 Implizite Lösung (Fig. 184)

Die implizite Lösung hat ein Gelenk weniger als die explizite Lösung. Der PV ist ein 2. Kurbeltrieb im oberen Kolbenzapfen (OKZ), integriert in den oberen Pleuel P_1 , er bewirkt den phasenrichtigen Längenausgleich ΔP_1 zur Kurbelwellenposition.

Der PV besteht aus Pleuel P_1 und P_2 , wobei der OKZ nun in den Hubzapfen (HZ) der Kurbelwelle integriert wurde (ein Gelenk weniger \rightarrow kürzere Gesamtbaulänge mit niedrigerem Schwerpunkt des Generators/Motors).

3.3 Hubzapfen-Position

(Fig. 185) zeigt die kinematische Situation mit PV für Kolben K1

(Fig. 186) zeigt die kinematische Situation mit PV für Kolben K2

Das Kinematik-Diagramm zeigt, daß, wenn der HZ-K2 180° gegenüber von K1 ($\varphi = 90^\circ - \Delta\varphi$) steht, $\Delta\varphi$ für K2 ein $-$ trägt, weil von der gespiegelten Position OT_2 $\varphi = 0^\circ (= UT_1'$ bei K1 $\varphi = 180^\circ)$ ΔP_1 verlängert wird.

Um mit K1 im Hub symmetrisch zu sein, und K1-K2 gegenläufig oszillieren zu lassen, muß das K2-System Total gespiegelt werden (rote Zeichnung), womit $\Delta\varphi$ bei $\varphi = 90^\circ$ ein $+$ als Vorzeichen erhält.

Folge: Die Phasen für Hub, Verlängerung/Verkürzung verändern sich gegenüber K1.

3.4 ΔP_1 -Steuerdiagramm mit symmetrischer Krafteinleitung
Arbeit $+ F$ und Leerhub $- F$ als Arbeitshub. (Fig. 187)

4. Pleuel-Längen-Steuerung

4.1 Prinzip A = Höhenfunktion MKZ u. ΔVHZ relativ zur KW-Achse (Fig. 188)

Konstruktion mit Nockenscheibe NS und Stößel auf Kurbelwelle KW.

Steuerung des mittleren Kolbenzapfens MKZ und Variator-Hubzapfens VHZ durch eine relativ zur Kurbelwelle mitrotierende Kurvenscheibe = Nockenscheibe NS. Der Stößel ist mit dem PV verbunden, siehe Zeichnung "Mechanischer Aufbau" (Fig. 182). Nachteil: sehr spitze Kurvenfunktion mit Abroll-Problem zum Rollradius R_{NR} bei konkavem Nockenscheiben-Punkt.

Verwendung für:

- a) explizites Prinzip
- b) implizites Prinzip.

Zeichnungen Prinzip A: Kurvenscheiben-Konstruktion für K1 und K2 (Fig. 188).

4.2 Prinzip B = Höhenfunktion ΔVHZ relativ zur KW-HZ-Achse

Kurvenscheiben-Konstruktion (Fig. 189)

Schnitt durch KW und PV (Fig. 190)

Ansicht KW und PV (Fig. 191)

Konstruktion mit Nockenscheibe NS und Stößel auf KW-HZ = implizites Prinzip (P-Variator-System rotiert mit).

Durch diese Variante werden sehr spitze konkave Punkte auf der Nockenscheibe *vermieden* und die auf dem HZ mitrotierende Nockenscheibe ist geometrisch kleiner, weil nicht so eine große Hubdifferenz zur Steuerung des PV realisiert sein muß, wie bei Prinzip A.

Der Stößel ist demnach mit dem Pleuel immer in seiner Winkel-Richtung, jedoch nicht in seiner Höhenlage, verbunden; auf dem Pleuel P_2 ist eine Gleitvorrichtung zur Führung und relativen Bewegung des Stößels angebracht.

4.3 Prinzip C = Ausgleichsgetriebe

Prinzip C: Ausgleichsgetriebe, Übersicht (Fig. 192)

Auslegerarm und Elemente-Bezeichnungen (Fig. 193)

Prinzip C₁ Kurbeltrieb, Prinzip C₂ Exzentertrieb (Fig. 194)

Konstruktion mit 2 Variator-Pleuelstangen, je eine für K1 und K2, ca 180° versetzte HZ ($\Delta\phi$).

Der Hubzapfen HZ_1 wurde über einen Ausleger in seiner Winkel-Lage und einer Radiendifferenz eines Zahnrades mit $r=1/2 \Delta P$ ($r=1/2$ Höhendifferenz zwischen Ist- und Sollbogen des HZ_3 bei ortsfestem PZ → Pleuel-Längenvariation) versetzt und mit einem lokalen und mitrotierenden PV-Kurbeltrieb oder Exzentertrieb versehen, dessen Steuerung mit diesem Zahnrad - gekoppelt mit Außenrad Z_a und/oder Innenrad Z_i , je nach Steuerungsfunktion - erfolgt (= Ausgleichsgetriebe).

D.H. die Achse des PV wurde in die neue Lage des Kurbelwellen-Hubzapfens HZ_2 integriert, statt wie bei Prinzip A und B extern positioniert.

Folge: Der HZ_3 des Pleuels bewegt sich nun auf einem Ausgleichsbogen = Soll-Bogen (Radius mit Zentrum in PZ als relativ und momentan ortsfester Punkt des PZ) um HZ_2 , statt auf dem Ist-Bogen des HZ_1 .

Folge: Der Pleuelzapfen PZ ist während der KW-Drehung von $\phi=0^\circ$ bis $\phi=90^\circ$ KW in seiner Lage konstant arretiert mit der Folge, dass der Kolben während der KW-Drehung seine OT-Position nicht verändert; gleiches gilt für die UT-Position. Damit keine PZ-Bewegung entsteht, muß jedoch eine Klemmung (z.B. magnetisch) des Hubes während dieser Phase erfolgen, so dass HZ_3 auch dem Soll-Bogen folgt.

Prinzip C₁: P-Variator-Kurbeltrieb

Prinzip C₂: P-Variator-Exzentertrieb

Oszillation ΔP : $0 \rightarrow \Delta P_{\max}$

1. Bewegung HZ_2 auf Sollbogen

2. Eliminierung von ΔP

a) Kurbeltrieb mit Zahnrad Übersetzung $i=4:1$

b) Exzentertrieb mit Zahnrad Übersetzung $i=4:1$

Übersetzung i : HZ bewegt sich um $\phi=45^\circ$

→ VP dreht sich um $\alpha=180^\circ$

→ $i=4:1$

→ VP gleicht Ist HZ_1 nach Soll-Bogen mit HZ_3 aus

3. Zahnrad-Kopplung

a) Außenrad Z_a 360°

→ bei UT→UT' kein Ausgleich mit HZ_3

b) Akzeptanz der Unter-Oszillation des Hubes zwischen $UT \rightarrow UT'$
 \rightarrow wenn keine Kraft F von Kolben K , dann o.k., \rightarrow nur Z_a

c) Außenrad Z_a und Innenrad Z_i je 180° geteilt

\rightarrow Ausgleich bei $UT \rightarrow UT'$

\rightarrow Drehrichtungsumkehr

d) Planetengetriebe

P an Planetenrad, Z_a fest/Ausgleichsrad $1/2\Delta P$ $UT \rightarrow UT'$,

Z_i = Kurbelwellenrad

Z_p Planetenrad

4. Klemmung (z.B. magnetisch) S der H -Bewegung in PZ ohne Zahnräder

4.1 \rightarrow keine Höhenbewegung $OT \rightarrow OT'$, aber Drehbewegung von P um β .

4.2 $OT' \rightarrow OT \rightarrow$ dann Freigabe der Klemmung S (=Stop),

Hub H ausführen bis UT .

4.3 $UT \rightarrow UT' \rightarrow$ Klemmung "Ein", P schwingt um β zurück und HZ_3 stellt sich frei ein, weil Länge H von P fest.

4.4 $UT' \rightarrow OT \rightarrow -H$ Bewegung wie bei 4.2

4.4 Prinzip D = Ausgleichs-Kurvenscheibe ortsfest (Fig. 195)

Konstruktion mit 1 Variator-Pleuel für $K1$ und $K2$ mit separatem Hubteiler mit $1/2$ H $K1$ und $1/2$ H $K2$.

Die Kurvenscheibe KS ist eine ortsfeste KS mit Außen- und Innen KS , in deren Führungsbahn mit Soll-Bogen sich eine Kurvenrolle als variabler HZ_1 - gekoppelt über einen schwingenden Ausleger verbunden mit dem Hubzapfen HZ der KW - mit dem mit HZ_1 gekoppelten Pleuel P - so bewegt, dass sich die Pleuellängen-Variation - relativ zur Kurbelwellen-Position - auf dem Soll-Bogen ergibt.

Auf der Innen-KS sind scharfe Wendepunkte vorhanden, die durch einen Materialauftrag auf der Innenbahn mit der Dicke d zu einem zur Außenbahn äquidistanten Krümmungsradius umgeformt werden kann, so dass sich eine weniger nichtlineare Abrollung und Verschleiß ergeben. Der Radius der Kurvenrolle ergibt die äquidistanten Führungsbahnen mit entsprechender Beschleunigungsfunktion.

Erweiterte Erfindungs-Anwendung des Pleuellängen-Variators auf Hubkolben-Verbrennungs- Maschinen, Kompressoren, Pumpen und andere Kraft-Drehmoment-Wandler

1. Klassische Hubkolben-Maschinen

Klassische Hubkolben-Motoren arbeiten mit 4 Takten:

Ansaugen - Verdichten - Verbrennen - Ausstoßen.

Hierbei werden seit Beginn der Motoren-Entwicklung im klassischen Hubkolben-Motor keine neuen kinematisch Prinzipien angewendet (außer Kreiskolben-Motor). Ergänzt wurde das Motorprinzip durch Turbolader / Kompressor, Luftkühler, Intercooler, Ventilsteuerung und Hubsteuerung zur Verdichtungsanpassung gemäß Momentanbetriebszustand der Maschine.

b) Die 8-Takt-Maschine mit Pleuellängen-Variator: 8-Takt-Motor / Kompressor / Pumpe

Leistungserhöhung / Verbrauchsreduktion Faktor ca. 4-8

Vorteile gegenüber klassischem Hubkolben-Motor: ca. 4-faches Drehmoment / Leistung oder entsprechende Reduktion des Verbrauchs gegenüber einer vergleichbaren klassischen Hubkolben-Maschine.

2.1 Neues kinematisches Prinzip

Der 8-Takt-Motor / Kompressor / Pumpe arbeitet erfindungsgemäß nach dem neuen kinematischen Prinzip, dem Pleuellängen-Variator, das beim Hubkolben-Verbrennungsmotor (Benzin, Diesel, Gas) sowohl das Drehmoment wie auch die Leistung um den Faktor ca. 4 erhöhen kann.

2.2 Erhöhung der thermischen Wirkung

2.2.1 Thermischer Wirkungsgrad

Hinzu kommt mit dieser neuen Konstruktion auch die Erhöhung des thermischen Wirkungsgrades durch je 2 weitere Abkühlphasen beim Ansaugen/Verdichten und Ausstoßen. Nebeneffekt: die thermische Belastung nach dem Verbrennen ist geringer.

2.2.2 Bessere Gemischbildung

Desweiteren ist eine wesentlich bessere Gemischbildung automatisch in den zusätzlichen Takten aufgrund einer neuartigen zeitlichen Steuerung des gesamten Arbeitsprozesses vorhanden, was ebenso zur Leistungserhöhung führt.

2.2.3 Bessere Verbrennung

Die Kinematik des Pleuellängen-Variators erlaubt weiterhin eine bessere Verbrennung ohne Entspannung des Gases im Arbeitstakt, was ebenso zur Erhöhung der Leistung führt.

2.2.4 Weitere Effekte und vorteilhafte Wirkungen der Erfindung

Die Erfindung des Pleuellängen-Variators erlaubt auch

a) mehr Leistung auf kleinerem Raum mit vollständigem Massenausgleich (Schwingungsarm). Zuzüglich wirkt auch

b) beim Leerhub ein Arbeitstakt und

c) die zulässige Höchstdrehzahl ist größer (wegen anderer Frühzündungs-Regelung). Auch ist

d) die Füllung höher, wenn ein Lader mit dem Pleuellängen-Variator und 8-Takt-Prinzip verwendet wird.

3. Ergebnis der Erfindung

Sowohl die ökonomischen wie auch die ökologischen Auswirkungen sind für den Verbraucher beträchtlich - Leistungserhöhung oder Verbrauchsreduktion um den Faktor ca. 4-8 gegenüber heutigen Verbrennungsmotoren. Dies ist volkswirtschaftlich wie auch beim Treibhauseffekt (CO₂-Ausstoß) von zusätzlicher Bedeutung.

Diese neuen Pleuellängen-Variator-Prinzipien lassen sich für Motoren, Kompressoren, Pumpen und andere Kraft-Drehmoment-Wandlern anwenden.

E. Vorteilhaftige Wirkungen der Erfindung

Ein erfindungsgemäßer Pleuellängen-Variator weist verschiedene Vorteile auf. Die Folge der Erfindung des PV ist, daß die Kraft und Arbeit ($W=\int F \cdot s$) bei 90° KW

5 Einleitung ein wesentlich größeres Drehmoment ergibt ($M=F \cdot r$) und damit auch die Leistung ($P=M \cdot \omega$) der Maschine analog erhöht. Es geht um die Umsetzung der Arbeit, d.h. der Weg s (Hub h) muß erhalten bleiben, wodurch der Hubzapfen einen Radius $r=s$ (statt klassisch $r=s \cdot 0,5$) haben muß, denn es wird beim PV nur 1/2 der Strecke OT-UT, bedingt durch die

10 Einleitung bei 90° (OT') KW, genutzt.

Wenn also die Arbeit im p, V -Diagramm ($W=\int F \cdot s$) gleich bleibt, aber die Umsetzung über den Kraft-Drehmoment-Wandler mit integriertem PV ein größeres Drehmoment ergibt, so ist die Effizienz der Arbeits- bzw.

15 Energieumsetzung entsprechend dem Wandlungsverhältnisses erheblich größer als in der klassischen Kurbelwelle.

Die Konstruktion des Pleuellängen-Variators ist so gewählt, dass auch der *negative Hub* ($-h$) bei UT mit einer Schub-Kraft belegt werden kann (Kraft: $+F$ bei $+h = 90^\circ$ bis 180° KW und $-F$ bei $-h = 180^\circ$ bis 270° KW).

20

Bewegungszeit und kinetische Energie des FM bei Pleuellängen-Variator

Die Verlagerung des OT nach OT' bei φ' bewirkt zusätzlich, dass in dieser Anpassungszeit des Pleuels (Pleuelverkürzung ab $\varphi 270^\circ$ bis 90° KW) durch den Pleuellängen-Variator, der PM-Kolben in der Position OT ruht, bis die Kurbelschleife bei φ' (max. 90° KW) angekommen ist. In dieser Ruhezeit kann der FM transversal *wesentlich langsamer* als bei der Bewegung in der normalen Kurbelschleife bei OT herausgefahren/hineingefahren werden (in "AUF"-Stellung oder umgekehrt in "ZU"-Stellung), womit viel kinetische Energie, wegen der geringeren Beschleunigung/Verzögerung beim FM, eingespart wird.

30

Diese Verweil-Zeit beginnt schon bei KW $\varphi=0^\circ$, da die PM-Kolben ruhen und die KW sich in dieser Zeit bis KW $\varphi=90^\circ$ weiterdreht und der Pleuel dabei um ΔP_1 verlängert wird.

35

Bei Verwendung der stationären FM kann die Schaltzeit erheblich verlängert werden - bei klassischer Kurbelschleife bewegt sich der Kolben schon von OT nach Unten, obwohl die maximale Kraft noch nicht erreicht ist.

40

Folgende Pleuellängen-Variator-Varianten sind Erfindungsanspruch:

Prinzip A: Höhenfunktion MKZ und ΔVHZ relativ zur KW-Achse

Prinzip B: Höhenfunktion ΔVHZ relativ zur KW-HZ-Achse

Prinzip C: Ausgleichsgetriebe

45 Prinzip D: Ausgleichs-Kurvenscheibe ortsfest

Der Pleuellängen-Variator läßt sich auch in Hubkolben- Verbrennungsmaschinen und anderen Maschinen, in denen die Translation effizient in Rotation gewandelt werden soll, einsetzen: Als effizienter Kraft-Drehmoment-Wandler.

50

5. Magneto-elektrische Feldkraft-Maschine (FKM)

Die FKM Systemkonfiguration stellt die beiden zuvor genannten FKM-Sub-Systeme und Wirkprinzipien Feldkraft-Generator ggf. mit Halbleiter Feldmodulator und Feldkraft-Motor ggf. mit Pleuellängen-Variator-Prinzip in einen miteinander abgestimmten Funktionszusammenhang, so dass ein komplett neuartiges Antriebsaggregat gegeben ist: die Erfindung der Feldkraftmaschine.

Wirkprinzip

1. Feldkraft-Generator (FKG)

Wie in den vorangegangenen Beschreibungen dargelegt, erzeugt die Feldkraftmaschine als Feldkraft-Generator FKG über magnetische (Magnet) oder elektrische (Elektret) Gleichgewichts-Ungleichgewichts-Gleichgewichts-Zustände mit einem Feldmodulator *zuerst mechanische* Energie (Kraft bzw. Drehmoment), welche dann zur Erzeugung von Primärstrom genutzt werden kann (oszillierende Wanderwellen-Linearmaschine, Drehstrom-Maschine etc.). Die **FKG-Solid-state**-Lösung benötigt *keine* beweglichen Teile und kann direkt auf *induktivem* Weg Primärstrom erzeugen, wenn der stationäre FM "AUF" und "ZU" geschaltet wird → Erzeugung des Stroms durch Induktion aus sich zeitlich schnell - durch den FM-Schaltvorgang - veränderndem Magnetfeld (stationärer Feldmodulator, FM-Typen → FM-Systematik; M-Halbleiter-FM) (Fig. 196).

2. Feldkraft-Motor (FKE)

Der Feldkraft-Motor benötigt äußere *elektrische* Primärenergie, die mit Verstärkern im Magneser bzw. Elektreser vervielfacht wird. Dieser Verstärkungseffekt ist *enorm*, so dass eine *neue hochdynamisch* elektrische Maschine, die - aufgrund des Riesenimpulses - eine große Kraft oder ein großes Drehmoment abgibt, erfindungsgemäß gegeben ist.

Feldkraftmaschinen-System

Durch geeignete Kopplung von Feldkraft-Generator mit Feldkraft-Motor entsteht ein neues *autonomes* Antriebssystem: Die Feldkraftmaschine als neue Energiequelle bzw. Antriebssystem (Fig. 197).

Bezugszeichen, Symbole für Feldkraftmaschinen

5	1.	FKM-Systeme
	FKM	Feldkraftmaschine
10		Wirkung durch 2 Permanent-Magnete oder 2 Permanent-Elektrete und durch einen Feldmodulator
	FKG	Feldkraft-Generator
	M-FKM	Magnetische Feldkraftmaschine (Basis PM)
	E-FKM	Elektrische Feldkraftmaschine (Basis PE)
	WKM	Wärmekraftmaschine
15	FM	Feldmodulator
	PM	Permanent-Magnet (magnetisch harter ferro-/ferrimagnetischer Stoff)
	PE	Permanent-Elektret (elektrisch harter ferro-/ferrielektrischer Stoff)
	PS	Permanent-Supraleiter-Magnet
	FB	Feldbatterie (multiple Anordnung von Elementar-Magneten / -Elektreten (Knopfzelle) in x-y-Matrix und z-Kaskade
20	M-FB	Magneto-Feldbatterie
	E-FB	Elektro-Feldbatterie
	FS	Flußeitstücke
	FP	Flußplatte
	PS	Polschuh
25	EG	Elektro-Generator
	EB	Elektro-Batterie
	MB	Magneto-Batterie
	FKE	Feldkraft-Motor
	M-FKE	Magneto Feldkraft-Motor
30	E-FKE	Elektro Feldkraft-Motor
	FQT	Feldquanten-Transistor
	ET	Elektronen-Transistor
	SL	Supraleiter
	SM	Supraleiter-Magnet
35	2.	FKM-Parameter
	I	Strom
40	F	Kraft
	M	Drehmoment
	A	Polfläche
	B	magnetische Induktion (magnetische Flußdichte)
	H	magnetische Feldstärke
45	J	magnetische Polarisierung (Beitrag der Materie zur Flußdichte)
	μ_0	Permeabilitätskonstante (magnetische Feldkonstante)
	μ_r	Permeabilitätszahl
	μ	Permeabilität
	d	Luftspaltlänge
	s	FM-Dicke
	T_c	Curie-Temperatur
	OT	oberer Totpunkt Kurbelwelle
	UT	unterer Totpunkt Kurbelwelle

KW	Kurbelwelle
φ	Kurbelwellenwinkel
h	Hub

5 Bezugszeichen, Symbole für Pleuellängen-Variatoren

Elemente

	KW	Kurbelwelle
	WZ	Wellenzapfen
10	HZ	Hubzapfen
	K1	Kolben 1
	K2	Kolben 2
	PZ	Pleuelzapfen
15	OKZ	Oberer Kolbenzapfen
	MKZ	Mittlerer Kolbenzapfen
	UKZ	Unterer Kolbenzapfen
	P	Pleuel
	P ₁	Oberes Pleuel
20	P ₂	Unteres Pleuel
	VW	Variatorwelle
	P1-K1(I)	Pleuel P1 von Kolben 1, Seite 1
	P2-K1(I)	Pleuel P1 von Kolben 1, Seite 1
	P1-K2(I)	Pleuel P1 von Kolben 2, Seite 1
25	P2-K2(I)	Pleuel P1 von Kolben 2, Seite 1
	P1-K1(II)	Pleuel P1 von Kolben 1, Seite 2
	P2-K1(II)	Pleuel P1 von Kolben 1, Seite 2
	P1-K2(II)	Pleuel P1 von Kolben 2, Seite 2
	P2-K2(II)	Pleuel P1 von Kolben 2, Seite 2
30	KS	Kurvenscheibe
	NS	Nockenscheibe
	NS-K	Nockenscheibe Kolben
	NS-FM	Nockenscheibe Feldmodulator
35	NR	Nockenrolle
	S	Stößel
	S-K1(I)	Stößel K1 Seite I
	S-K2(I)	Stößel K2 Seite I
	S-K1(II)	Stößel K1 Seite II
40	S-K2(II)	Stößel K2 Seite II
	S-FM(I)	Stößel Feldmodulator Seite I
	S-FM(II)	Stößel Feldmodulator Seite II
	K1-V(I)	Kolben 1, ΔP_1 -Längen-Variator, Seite I
45	K2-V(I)	Kolben 2, ΔP_1 -Längen-Variator, Seite I
	VWZ	Variatorzapfen
	VHZ	Variator-Hubzapfen
	VPZ	Variator-Pleuelzapfen

Parameter

	CL-V	Centerline Pleuellängen-Variator
	CL-KW	Centerline Kurbelwelle
5	ΔP_1	Pleuel-Längendifferenz
	$\Delta P_1-K1(I)$	Differenz Pleuellänge Kolben 1, Seite I
	$\Delta P_1-K2(I)$	Differenz Pleuellänge Kolben 2, Seite I
	φ	Kurbelwellenwinkel
	$\Delta\varphi$	asymmetrische HZ-Differenz $\Delta P_1 \neq H$ bei $\varphi=270^\circ$ KW
10	OT	Oberer Totpunkt bei $\varphi=0^\circ$ KW
	OT'	Oberer Totpunkt bei $\varphi=90^\circ$ KW
	OT ₁ '	Oberer Totpunkt K1 bei $\varphi=90^\circ$ KW, symmetrische Konstruktion bei $\Delta P_1=H$
	OT ₁ '	OT für K1 bei $\varphi=90^\circ-\Delta\varphi$ für K1, asymmetrische Konstruktion bei $\Delta P_1=H$
15	UT	Unterer Totpunkt bei $\varphi=180^\circ$ KW
	UT'	Unterer Totpunkt bei $\varphi=270^\circ$ KW
	UT ₁ '	UT für K1 bei $\varphi=270^\circ+\Delta\varphi$ für K1, asymmetrisch, weil $H \neq \Delta P_1$ ($\rightarrow \Delta P_1=H$, dann symmetrisch)
20	UT ₁ '	UT für K1 bei $\varphi=270^\circ+\Delta\varphi$ für K1, symmetrische Konstruktion bei $H=\Delta P_1$
	H	Hub
	R_v	Radius VW-MKZ = $1/2\Delta P_1$ ($=1/2R_{KW}$)
	R_{KW}	Radius KW-HZ
25	+F	Kraft bei +H
	-F	Kraft bei -H
	∇	Niveau

Bezugszeichen, Symbole für Konstruktion Pleuellängen-Variation und Hub**Ausgangs-Daten**

	$\varnothing FB$	Durchmesser Feldbatterie = Magnet
	H_{eff}	Hub effektiv
35	H/D	Hubverhältnis Hub H zu Bohrung D (Kurzhuber 0,9...0,7 - Langhuber $>1 \rightarrow 1,1...1,3$)
	R_{KW}	Radius KW-HZ
	P_2	$=\lambda \cdot R_{KW}$
40		$\lambda = l/r$; r =Kurbelradius, l =Pleuelstangenlänge, variables $\lambda=3,0-4,5$ (\rightarrow Vogel Fachbuch, Die Meisterprüfung im KfZ-Handwerk)

Pleuel-Dreieck PZ-HZ-M_{KW}M_{KW} Mitte Kurbelwellea = R_{KW}b Differenz M_{KW}-PZ bei $\varphi=90^\circ$ KW bei (OT₁)c Pleuellänge $P_2 = \lambda \cdot R_{KW}$ **Verlängerung/Verkürzung P₁ um ΔP_1** ΔR_{KW} = c - b ΔP_1 = R_{KW} + ΔR_{KW} **Hub**H = R_{KW} - ΔR_{KW} H_K = 1/2 H Hub bei zwei gegenläufigen Kolben, je Kolben / von Mitte FB ΔH Höhendifferenz bei $-\Delta\varphi$ ΔH Höhendifferenz bei $+\Delta\varphi$ **Hub/Bohrung**

H/D

Grenzgeschwindigkeitv_{max} Grenzgeschwindigkeit = H · f(v_{max} = 16 m/s bei Kurzhuber mit H/D=0,9-0,7)

f Frequenz

n Drehzahl

Prinzipien A, B, C, D des Pleuellängen-Variators**Prinzip A: Höhenfunktion MKZ u. VHZ relativ zur KW-Achse**R_{NS} Radius Nockenscheibe ΔMKZ Höhen-Funktion (Niveau ∇MKZ) ΔVHZ Höhen-Funktion Variator-Hubzapfen (Niveau ∇VHZ) ΔR_{NS} Funktion Radiusänderung Nockenscheibe (Rollkurve)R_{NR} Radius Nockenrolle

s Dicke Feldmodulator

d Luftspalt

Prinzip B: Höhenfunktion ΔVHZ relativ zur KE-HZ-Achse

keine neuen Elemente und Parameter

Prinzip C: Ausgleichsgetriebe**Elemente**

A Ausleger, starr

HZ Ursprungs-KW-Hubzapfen bei $\varphi=0^\circ$ HZ₁ Konstruktions-HZ, Schnittpunkt R_P mit R'_{KW}HZ₂ neuer KW-Hubzapfen am Ausleger AHZ₃ rotierender Hubzapfen mit Pleuel verbunden → Bewegung auf Solibogen durch Abrollen des Zahnrades Z_p auf Z_a

P Pleuel

5	VP	Variator-Pleuel
	PZ	Pleuelzapfen
	PZ'	Pleuelzapfen bei UT
	Z _a	Außenzahnrad
	Z _i	Innenzahnrad (Kurbelwellenrad)
10	Z _p	Planeten-Zahnrad
	E	Exzenter
	Parameter	
	B ₁	HZ-Ist-Bogen
	B ₂	HZ-Soll-Bogen
15	B ₃	HZ ₃ -Ist-Bogen
	B ₄	HZ ₃ -Soll-Bogen
	ΔP	Pleuellängen-Variation
	i	Übersetzungsverhältnis
	VPα	Drehwinkel Variator-Pleuel mit HZ ₃
20	β	Pleuel-Winkel zwischen neuer Position ∇OT φ=0° und ∇OT'.
	φ=90 °	
	γ	Winkel des Variator-Pleuel =45° bei φ= -45°, +45°, +135°, 225°
	φ _{HZ}	KW-Winkel des HZ
	R _P	Radius Pleuelbogen = c
25	R' _{KW}	M _{KW} zu Schnittpunkt Radius R _P mit Parallele a zur Centerline
	a	= Radius R _{KW} , Position HZ ₃ = Schnittpunkt R' _{KW} mit R _P
	b	berechnen: $\sqrt{c^2 - a^2}$
	c	= R _P
	d	= R _{KW} + b - c
30	g	= R _{KW} + b
	e	Exzentrizität
	S	Klemmung (Stop)
35	Prinzip D: Ausgleichs-Kurvenscheibe ortsfest	
	A	Ausleger mit Gelenk in HZ
	KS	ortsfeste Kurvenscheibe
	KR	Kurvenrolle
	WP	Wendepunkt auf innerer Kurve
40	d	Materialauftrag zur Ausbildung eines Radius am Wendepunkt
	B ₁	HZ ₁ -Soll-Bogen (obere Bahn +H)
	B ₂	HZ ₁ -Soll-Bogen (untere Bahn -H)

Ausgewählte Literatur

Literatur Feldkraftmaschine

- 5 1. Gerthsen Physik, D. Meschede, A21, Berlin; Heidelberg; New York: Springer, 2002
2. R. Boll, Weichmagnetische Werkstoffe, A4, Berlin; München: Siemens-Aktiengesellschaft [Abt. Verl.], 1990
3. Bergmann Schaefer, Band 2, Elektromagnetismus, W. Raith, A8, Berlin; New York: de Gruyter, 1999
- 10 4. E. Hering, R. Martin, M. Strohrer, Physik für Ingenieure, A8, Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Hongkong; London; Mailand; Paris; Tokyo: Spinger, 2002
5. D. Spickermann, Werkstoffe der Elektrotechnik und Elektronik, Weil der Stadt: J. Schlembach, 2002
- 15 6. Fachkunde Elektrotechnik, Europa Lehrmittel, A23, 42781 Haan-Gruiten: Verlag Europa Lehrmittel, 2002
7. Tabellenbuch Elektrotechnik, Europa Lehrmittel, A18, 42781 Haan-Gruiten: Verlag Europa Lehrmittel, 2001
8. Brechmann, ... , Elektrotechnik-Tabellen, Westermann-Verlag
- 20 9. Stöcker, Taschenbuch der Physik
10. dtv-Atlas Physik, Band 1
11. Bosch, Kraftfahrtechnisches Taschenbuch, A24 Braunschweig/Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn, April 2002
12. H. Lindner, H. Bauer, C. Lehmann, Taschenbuch der Elektrotechnik und Elektronik, A7, Fachbuchverlag Leipzig, München; Wien 1999
- 25 13. K. Schwister u.a., Taschenbuch der Chemie, A2, Fachbuchverlag Leipzig, München; Wien 1999
14. Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik, A27, Verlag Europa Lehrmittel, Haan-Gruiten 2001
- 30 15. Braun, E., Elektromagnete. In: Kohlrausch, F.: Praktische Physik, Bd. 2, 23A, Stg. B.G. Teubner 1985 (→Polschuhe, Bitterspulen)

Literatur Beispiel Feldkraftmaschine

- 35 1. Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik, Europa Lehrmittel
(1-571): Generatoren, Drehstromgenerator, Klauenpolläufer
1600W, 14V, 120A, beachte Verlustwärme
(1-253): Schwingungsdämpfer für Kurbelwelle
(1-255) Zweimassenschwungrad
- 40 2. Jörg Hoffmann, Taschenbuch der Messtechnik, A3
(2-233): Messen von Kräften
(2-235): Induktive, kapazitive und DMS-Kraftmessaufnehmer
Prinzip der Kraftmessung mit Federkörper. Aus der Verformung, die über Weg- oder Dehnungsmessaufnehmer erfasst wird, kann die einwirkende Kraft
- 45 3. Vieweg, Handbuch Kraftfahrzeugtechnik
(3-111): Lithium-Batterien
(1-106): Elektroantriebe, umrichter gespeister Asynchronmotor
(3-107): Drehstrommotor: Synchron-Permanentmotor mit hoher Polzahl und

höchstem Wirkungsgrad, n_{\max} 15.000 1/min
(3-133): Kurbeltrieb, Pleuelstangenverhältnis
(3-180-181): Hubkolbentrieb mit variabler Verdichtung (Hub)

Patentansprüche

Erster unabhängiger Patentanspruch: Feldkraftmaschine bestehend aus Feldkraftgenerator (FKG)

1. Feldkraftmaschine (FKM), bestehend aus einem oder zwei Kraftfeldkreisen als ein Raum in dem sich ein Feld in seiner Gesamtheit ausbreitet, alternativ mit magnetischen oder elektrischen oder thermischen oder gravitativen Potentialfeld oder Wirbelfeld oder Dipolfeld erzeugenden Feldbatterie(n) (FB) in antiparalleler (abstoßendes Kraftfeld) oder paralleler (anziehendes Kraftfeld) Polorientierung, dadurch gekennzeichnet, daß die Feldkraftmaschine (FKM) als ein Feldkraftgenerator (FKG), aus kinematischem oder stationärem Feldmodulator (FM), der sich zwischen den Feldbatterie(n) (FB) befindet, besteht. Der Feldmodulator (FM) moduliert den Feldfluß/-strom (Φ) und die Feldspannung/-durchflutung (Θ) als Wirkung eines Feld-Kondensators zwischen abstoßender(n) Feldbatterie(n) (FB) und anziehendem Feldmodulator (FM) oder anziehender(n) Feldbatterie(n) (FB) mit abstoßendem Feldmodulator (FM). Die Feldmodulation erfolgt ganz oder teilweise von Fluß leitend nach Fluß nichtleitend durch Kapazitätsvariation. Die Zuführung der Feldmodulator-Arbeit W_{zu} moduliert durch Schalten und/oder Verstärken deshalb die Feldkraft (abstoßend oder anziehend) in den Arbeitstakten der Feldkraftmaschine, oszillierend zwischen Gleichgewichts- und Nichtgleichgewichts-Zustand. Deshalb entsteht im Nichtgleichgewichts-Zustand der Feldbatterie(n) (FB) mit Stellung Feldmodulator (FM) "Auf" aus der Feldkraft F und dem Arbeitsweg W_1 (= Arbeitshub h) zwischen der OT- und UT-Position die Arbeit W_{ab} , während die Feldbatterien (FB) im Leerhubweg W_2 im Gleichgewichtszustand ohne Gegenkraft zurück bewegt werden. Die Kraft kann über einen Kraft-Drehmoment-Wandler, vorzugsweise ein Pleuellängen-Variator (PLV), in ein Drehmoment M bzw. Leistung P gewandelt werden. Die Arbeit der Feldkraftmaschine (FKM), Typ Feldkraftgenerator (FKG), läuft in 4 Takten in einem irreversiblen Kreisprozeß (p, V -Diagramm) ab. Auch kann der Feldkraftgenerator, als eine Solid-State-Anordnung - ohne bewegte Teile - mit einer Feldbatterie (FB) und zwei Feldmodulatoren (FM), angeordnet in einem Kraftfeldkreis mit Induktionsspule, zur elektrischen Energieauskopplung, hergestellt werden. Durch die Modulierung des Feldes im Solid-state-Feldkraftkreis mit dem Feldmodulator (FM), entsteht ein zeitlich sich änderndes Feld und damit in der im Feldkraftkreis integrierten Spule durch Induktion elektrische Energie.

FKG-Prinzip

2. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Feldkraftgenerator (FKG) als Links- oder Rechtskreisprozess-Maschine betrieben werden kann.

- 5 3. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das System Feldbatterie-Feldmodulator-Feldbatterie (FB-FM-FB) als Kondensator für die Steuerung/Verstärkung/Abschwächung/Speicherung von Feldern wirkt, vorzugsweise werden magnetische oder elektrische Felder verwendet. Möglich sind auch aber auch thermische Felder mit Thermokraft oder gravitatives Felder mit Graviationskraft.
- 10 4. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Feldmodulator (FM) im magnetischen Kondensator-Feld als Dimagnetikum oder Diamagnetikum, im elektrischen Kondensator-Feld als Dielektrikum oder Diaelektrikum, im thermischen Kondensator-Feld als Dithermikum oder Diathermikum und im gravitativen Kondensator-Feld als Digravikum oder Diagravikum, wirkt.
- 15 5. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein bezüglich der Kraftfelder umgekehrt wirkendes Kondensator-System als ein Anti-Kondensator-Prinzip verwendet wird.
- 20 6. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß Ferro-/Ferrimagnetische oder Ferro-/Ferrielektrische Feld-Kondensatoren als feste/flüssige konstante oder einstellbare Bauelemente, analog zu elektronischen Kondensator-Bauelementen, je nach Höhe der Permeabilität bzw. Permittivität, wirken.
- 25 7. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der kinematische Feldmodulator (FM) und/oder Polschuh (PS) entweder im Potentialfeld parallel zu den Feldlinien der Feldbatterie(n) (FB) oder senkrecht zu den Feldlinien auf einer Äquipotentialfläche transversal bewegt werden kann, wobei ein simultanes oder serielles Gleichgewicht der transversalen Arbeit W_{zu} durch Kompensation der transversalen statischen und/oder dynamischen Feldkräfte erreicht wird.
- 30 8. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der kinematische Feldmodulator (FM) in passiver oder aktiver Version gestaltet werden kann, wobei die aktive Version ein in der Normal- und/oder Transversalrichtung dynamisch in der Verstärkungswirkung regelbare oder bistabil schaltbare Hilfsfelder nutzt, damit die Feldkräfte eines passiven Feldmodulators (FM) und/oder die Kompensation von frequenzabhängigen Wirbelstromkräften mit der Überlagerung durch die Hilfsfelder verstärkt oder abgeschwächt werden können.
- 35 9. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Feldbatterie(n) (FB) als erstes FB-Antriebssatz-Kolben-Paar (K1), in Takt 4 im Gleichgewichts-Zustand bei geschlossenem Feldmodulator (FM), in die Ausgangsposition zurückgeführt werden durch ein Felder oder durch eine Pleuellängen-Variator (PV) und Schwungradscheibe oder durch eine Kugelumlaufspindel mit Feder und Freilaufkupplung, oder durch Schubstangen mit Freilaufkupplung, oder durch ein im Arbeitstakt 2 auf der Pleuellänge (KW) um 180° KW versetztes zweites FB-Antriebssatz-Kolben-Paar (K2), oder durch andere
- 45
- 50

Rückführungssysteme.

Feldbatterien (FB)

10. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Feldbatterie(n) (FB) zur Erzeugung einer hohen Feldkraft z.B. in einer 3D-Sandwich-Konstruktion im x-y-z-Netz (d.h. durch Aneinanderreihung vieler Zellen mit Zeilen und Spalten zu einer oder mehreren Gruppen in einer Matrix und danach mit Schichtenaufbau in z-Richtung) oder bei runden Zellen-Feldbatterien (FB) im Dreiecksnetz und Schichtenaufbau in z-Richtung angeordnet ist (sind).

11. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Feldbatterie(n) (FB) vorzugsweise bei magnetischem Feld aus Permanent-Magnet(en) (PM), hergestellt aus Ferro-/Ferromagnetika, oder Supraleiter-Magnet(en) (SM) oder bei elektrischem Feld aus Permanent-Elektret(en) (PE), hergestellt aus Ferro-/Ferrielektrika, besteht (bestehen).

12. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Permanent-Magnete (PM) oder Permanent-Elektrete (PE) zur Reduktion der kinetischen Energie in ihrem Haftkraft-zu-Eigengewicht Verhältnis unter Repulsionsbedingung so optimiert werden, daß keine Entmagnetisierung bzw. Entelektrisierung bei Luftspaltenfluß/Scherung und bei vorgegebener Arbeitstemperatur T stattfinden kann.

13. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die in Normalrichtung wirkende Kraft-Weg-Kennlinie der Permanent-Magnete (PM), Supraleiter-Magnete (SM) oder Permanent-Elektrete (PE) in ihrem Profil durch spezielles Feld-Design (Polformgebung, Konvergenzzentrums-Vorverlagerung mit Kornorientierung bei Magnetisierung/Elektrisierung, Polstrukturierung, Konus- und Tauchsystem), gestaltet werden kann, um eine bestimmte Kraft- und Drehmomententfaltung und/oder Hubvergrößerung zu erreichen.

Feldmodulator (FM)

14. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Feldmodulator (FM) zur Modulation der Feldwirkung zwischen den Feldbatterie(n) (FB) und dem Feldmodulator (FM), d.h. dem Feld-Kondensator, von den Zuständen Gleichgewicht - Nichtgleichgewicht - Gleichgewicht, als Inline-Feldmodulator innerhalb oder als Outline-Feldmodulator außerhalb der Stoffgrenzen und Pole der Feldbatterien (FB) positioniert sein kann.

15. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Feldmodulator (FM) durch Leitfähigkeits-Modulation und/oder Kanalquerschnitts-Modulation mit einem Feld quer zur Flußrichtung des Kraftfeldes der Feldbatterie(n) (FB) den Feldfluß bzw. die Feldspannung und damit das Gleichgewicht/Nichtgleichgewicht steuert.

- 5 16. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Feldmodulator (FM) und/oder Polschuh (PS) aus isotropen und/oder anisotropen atomar/molekular und/oder mikroskopisch/makroskopisch parallel oder senkrecht zur Feldrichtung orientierten Schichten mit Berücksichtigung der Formanisotropie aufgebaut ist und in technisch vorgegebenen Richtungen aus differenziell und funktional verschiedenem Feld leitendem, Feld nicht leitendem oder Feld halbleitendem, Stoff besteht.
- 10 17. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Leitfähigkeits-Flußdichte-Feldmodulator (FM) mit gegebener Leitfähigkeits-Flußdichte-Kennlinie eines in der Hystereseschleifenform weichen Werkstoffs durch örtlich wirksame Flußdichteänderung von maximaler Stoff-Leitfähigkeit am Arbeitspunkt (A_3) über andere flußdichteabhängige Leitfähigkeits-Wirkungspunkte den Feldfluß der Feldbatterie(n) (FB) von leitend nach nicht leitend moduliert.
- 15 18. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Flußdichte-Feldstärke-Feldmodulator (FM) mit gegebener Flußdichte-Feldstärke-Kennlinie eines in der Hystereseschleifenform weichen Werkstoffs durch örtlich wirksame Feldstärkeänderung von maximaler Stoff-Leitfähigkeit am Arbeitspunkt (A_3) über andere feldstärkeabhängige Leitfähigkeits-Wirkungspunkte den Feldfluß der Feldbatterie(n) (FB) von leitend nach nicht leitend moduliert.
- 20 19. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Flußdichte-Temperatur-Feldmodulator (FM) mit gegebener Flußdichte-Temperatur-Kennlinie eines in der Hystereseschleifenform weichen Werkstoffs durch örtlich wirksame Temperaturänderung von maximaler Stoff-Leitfähigkeit am Arbeitspunkt (A_3) über andere temperaturabhängige Leitfähigkeits-Wirkungspunkte den Feldfluß der Feldbatterie(n) (FB) von leitend nach nicht leitend moduliert.
- 25 20. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Anisotropie-Feldmodulator (FM) mit gegebener Leitfähigkeit-Richtung-Kennlinie eines kristallinen, in der Hystereseschleifenform weichen Werkstoffs durch örtlich wirksame Richtungsänderung der Feld-Vorzugsrichtung der Kristalle von maximaler Stoff-Leitfähigkeit am Arbeitspunkt (A_3) über andere richtungsabhängige Leitfähigkeits-Wirkungspunkte den Feldfluß der Feldbatterie(n) (FB) von leitend nach nicht leitend moduliert.
- 30 21. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Anisotropie-Feldmodulator (FM) mit gegebener Leitfähigkeit-Beanspruchung-Kennlinie eines in der Hystereseschleifenform weichen Werkstoffs durch örtlich wirksame mechanische Beanspruchungsänderung von maximaler Stoff-Leitfähigkeit am Arbeitspunkt (A_3) über andere beanspruchungsabhängige Leitfähigkeits-Wirkungspunkte den Feldfluß der Feldbatterie(n) (FB) von leitend nach nicht leitend
- 35 40 45 50

moduliert.

- 5 22. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein permanenter Induktions-Feldmodulator (FM) mit gegebener Flußdichte-Feldstärke-Kennlinie eines in der Hystereseschleifenform harten Werkstoffs durch örtlich wirksame remanente Flußdichteänderung von maximaler remanenter Flußdichte über andere Flußdichte-Wirkungspunkte auf der Hysterese nach minimaler bzw. negativer remanenter Flußdichte den Feldfluß der Feldbatterie(n) (FB) durch das remanente Feld vom Gleichgewicht zum Ungleichgewicht zwischen Feldbatterie(n) (FB) und dem aktiven Induktions-Feldmodulator (FM) variabel moduliert.
- 10
- 15 23. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Induktionsstrom-Feldmodulator (FM) mit gegebener elektrischer Leitfähigkeit-Induktion-Kennlinie eines elektrisch hochleitenden Werkstoffs durch Erzeugung von Wirbelströmen den Feldfluß der Feldbatterie(n) (FB) durch die variabel induzierten Feldkräfte vom Gleichgewicht zum Ungleichgewicht zwischen Feldbatterie(n) (FB) und dem aktiven Induktionsstrom-Feldmodulator (FM) moduliert.
- 20
- 25 24. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Grenzfrequenz-Leitfähigkeits-Feldmodulator (FM) mit gegebener Leitfähigkeits-Grenzfrequenz-Kennlinie eines in der Hystereseschleifenform weichen Werkstoffs durch örtlich wirksame Grenzfrequenzänderung von maximaler Stoff-Leitfähigkeit am Arbeitspunkt (A_3) über andere grenzfrequenzabhängige Leitfähigkeits-Wirkungspunkte den Feldfluß der Feldbatterie(n) (FB) von leitend nach nicht leitend moduliert.
- 30
- 35 25. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Spinresonanz-Feldflußrichtung-Feldmodulator (FM) mit gegebener Spinresonanz-Feldflußrichtung-Kennlinie eines in der Hystereseschleifenform weichen Werkstoffs durch örtlich wirksame hochfrequent angeregte Spinrichtungsänderung von maximaler Stoff-Leitfähigkeit mit paralleler Spinstellung nach minimaler Leitfähigkeit mit antiparalleler Spinstellung umklappt, um den Feldfluß der Feldbatterie(n) (FB) durch den Spin-Richtungs-Schalter von leitend nach nicht leitend zu modulieren.
- 40
- 45 26. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Atomabstand-Leitfähigkeits-Feldmodulator (FM) mit gegebener Atomabstand-Leitfähigkeits-Kennlinie eines in der Hystereseschleifenform weichen oder harten Werkstoffs durch örtlich wirksame geometrisch definierte Atomabstandsänderung von maximaler Stoff-Leitfähigkeit am Arbeitspunkt (A_3) über andere atomabstandsabhängige Leitfähigkeits-Wirkungspunkte den Feldfluß der Feldbatterie(n) (FB) von leitend nach nicht leitend moduliert.
- 50 27. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß

ein Tunneleffekt-Feldmodulator (FM) mit einer sehr dünnen magnetischen Feldmodulator-Isolierschicht (I_m), einem Dimagnetikum, zwischen zwei magnetischen Supraleitern mit gegebener magnetischer Tunnelspannung-Leitfähigkeit-Kennlinie und örtlich wirksamer magnetischer Energielücke durch Anlegen einer magnetischen Tunnelspannung beschleunigte magnetische Flußquanten durch diese Feldmodulator-Isolierschicht (I_m) hindurchtunneln läßt und damit den magnetischen Feldfluß der supraleitenden Feldbatterien (SM-FB) tunnelspannungsabhängig von leitend nach nichtleitend moduliert.

28. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß ein magnetischer Supraleiter-Isolierschicht-Supraleiter-Kontakt ($S_m I_m S_m$ -Kontakt) vorliegt, wenn die beiden magnetischen Supraleiter aus demselben magnetisch leitenden Supraleiter bestehen und deshalb magnetische Flußquanten-Paare hindurchtunneln können.

29. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß ein magnetischer Gleichstromeffekt (MGE) entsteht, wenn einem $S_m I_m S_m$ -Kontakt ein schwacher magnetischer Gleichstrom/-fluß aufgeprägt wird, sodaß unterhalb einer kritischen magnetischen Strom-/Flußstärke, d.h. ohne magnetische Potentialdifferenz, magnetische Fluß-Paare als Spinmoment-Kopplungen durch die I_m -Schicht tunneln und oberhalb der kritischen magnetischen Strom-/Flußstärke der Feldfluß zwischen den Supraleiter-Magnet-Feldbatterien (SM-FB) gesperrt ist.

30. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß ein magnetischer Wechselstromeffekt (MWE) durch eine quantenmechanische Interferenz entsteht, wenn mit Anlegen einer magnetischen Gleichspannung an den $S_m I_m S_m$ -Kontakt ein dieser magnetischen Gleichspannung proportional hochfrequenter magnetischer Wechselstrom aus Flußquanten entsteht, mit der Eigenschaft, daß dieses Prinzip auch bei umgekehrter Aufprägung funktioniert.

31. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Supraleiter-Feldmodulator (FM) als $S_m I_m S_m$ -Kontakt mit dicker magnetischer Isolierschicht I_m oder als $S_e I_e S_e$ -Kontakt mit dicker elektrischer Isolierschicht I_e , aufgebaut aus Supra-Leiter und/oder Supra-Nichtleiter und/oder Supra-Halbleiter, die Modulierung des Feldflusses bei Sprungtemperatur T_c oder zwischen Normaltemperatur T und Sprungtemperatur T_c ausführt.

32. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der beim Schalten des Feldmodulators (FM) entstehende Spalt zwischen den Feldbatterie(n) (FB) vorzugsweise durch einen oder zwei Polschuh(e) (PS) überbrückt wird, so dass der Kraft- bzw. der Arbeitsverlust W_{ab} in der Kraft-Weg-Kennlinie der Feldbatterie(n) (FB) minimiert wird.

33. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß der Feldmodulator (FM) und/oder die Polschuh(e) (PS) aus isotropen und/oder anisotropem Stoff bestehen und zur optimalen Feld-Leitung lamelliert sind, so daß der Feldfluß in den Lamellenblechen unter Ausnutzung einer starken Kristallanisotropie und/oder großen Formanisotropie bezüglich der Geometrie der Lamellenbleche vorzugsweise, je nach Richtung der Lamellenbleche, primär in die Normal- oder Transversalrichtung geleitet und dabei die Rückwirkung auf das/die Kraftfeld(er) der Feldbatterie(n) (FB) wegen der Kristall- und Formanisotropie minimiert wird.

Kompensation negativer Feldkräfte

34. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Temperaturkompensation zur Regelung des Gleichgewichtszustandes zwischen den Feldbatterien (FB) und dem Feldmodulator (FM) durch eine äußere Temperaturregelung der Feldkraftmaschine, z.B. durch "heat pipes" mit Peltier-Batterien etc., und/oder durch eine direkte Temperaturkompensation der Feldbatterien (FB) durch den Verlauf der Flußdichte-Temperatur-Kennlinie eines Kompensatorsystems und/oder durch eine Hubvariation mit Δh , die Anpassung des Arbeitspunktes des Systems Feldbatterie(n) (FB) und Feldmodulator (FM) bei Temperaturänderung vornimmt.
35. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem elektrisch leitenden Feldmodulator-Stoff ein mechanischer und/oder elektrischer und/oder magnetischer Anti-Wirbelstrom-Kompensator die im Feldmodulator (FM) frequenzabhängig induzierten und deshalb funktional negativ wirkenden Feldkräfte kompensiert oder praktisch beseitigt.
36. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 33 und 35, dadurch gekennzeichnet, daß ein mechanischer Anti-Wirbelstrom-Kompensator aus parallel zur Feldmodulatorbewegung orientierten elektrisch gegenseitig isolierten dünnen Lamellenblechen mit senkrecht zur Feldmodulatorbewegung und zu den Wirbelströmen in die Lamellenbleche integrierten Schlitten in Bezug zur Feldflußrichtung zwischen den Polen der Feldbatterien (FB) besteht, der alternativ aus gegenseitig elektrisch isolierter dichter weichmagnetischer Kugelpackung oder einer kubische Mikrostruktur mit Umformung der Volumen-Wirbelströme in Teilchen-Wirbelströme bestehen kann.
37. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, daß ein elektrischer Anti-Wirbelstrom-Kompensator durch elektrische Ladungstrennung mit Entfernung der Elektronen aus dem Wirkungsraum der Felder der Feldbatterien (FB) dadurch entsteht, daß der Feldmodulator (FM) elektrisch isoliert und innerhalb eines elektrischen Feldes positioniert ist, sodaß durch elektrische Influenz ein mittlerer Bereich als neutrale Zone entsteht, der von den Magnetfeldern der Feldbatterien (FB) ohne Erzeugung von Wirbelströmen durchsetzt wird.

- 5 38. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, daß die influenzierten Ladungsträger innerhalb zwei gegenüberliegend mit dem Feldmodulator (FM) fest verbundenen metallischen Trichtern mit Spitze konzentriert gesammelt und über eine elektrisch hoch leitfähige Schneide entlang der Oszillationsstrecke des Feldmodulators (FM) durch kontaktlose Überführung geerdet abgeleitet werden oder in einem Energiespeicher, z.B. Leidener Flasche oder Kondensator, gespeichert zur Verfügung stehen.
- 10 39. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, daß bei transversaler Bewegung des kinematischen Feldmodulators (FM) das inhomogene Feld der Feldbatterie(n) (FB) transversal in seinem Gradienten-Profil so gestaltet wird, daß die beiden Kraftvektoren der Lorentz-Kraft auf dem Kreisstrom, d.h. die bremsende Kraft an der Front und die beschleunigende Kraft am Ende des Feldmodulators (FM), gleich groß sind.
- 15 40. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 36 und 39, dadurch gekennzeichnet, daß im transversal inhomogenen Feld die transversale Zunahme der Materialbreite der Einzel-Stege in den Lamellenblechen so gestaltet wird, daß eine schmale Stegbreite an der Feldmodulator-Front mit kleiner bremsender Kraftkomponente stegweise in eine breite Stegbreite am Feldmodulator-Ende übergeht, die mit großer beschleunigender Kraftkomponente das Gleichgewicht zwischen den Kraftkomponenten herstellt.
- 20 41. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 36 und 39, dadurch gekennzeichnet, daß im transversal inhomogenen Feld das transversale Keilprofil bzw. die Funktion der Zunahme der Stegdicke der Einzel-Stege in den Lamellenblechen so gestaltet wird, daß die im Einzelsteg an der Vorderkante des Keilprofils bremsende Kraftkomponente viel kleiner ist als die beschleunigende Kraftkomponente am dicken Ende des Keilprofils, womit die vordere und die hintere Volumenstrom-Kraftkomponenten im Gleichgewicht stehen.
- 25 42. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 35 und 36, dadurch gekennzeichnet, daß im transversal inhomogenen Feld ein Lamellenblech und/oder die Stege des Lamellenblechs als Rechteck-Gradienten-Leiterschleife mit an Front und Ende verschiedenen Leiterquerschnitten und/oder spez. elekt. Widerstand ausgebildet sind und deshalb mit den zugehörigen Front- und End-Kraftkomponenten des induzierten Wirbelstromrings als Paar von Stromelementen mit entgegengesetzten Stromrichtungen das Gleichgewicht herstellen.
- 30 43. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 35 und 42, dadurch gekennzeichnet, daß ein im Feldmodulator (FM) integrierter Anti-Lenz-Kraft-Kompensator aus einer zweiten Leiterschleife mit entgegengesetzt gerichteten unipolaren Strömen aus positiven Ladungen und magnetischer Abschirmung zwischen den negativen und positiven
- 35 40 45 50

Leiterschleifen besteht, so daß die Lenz-Kraft der negativen induzierten Ströme durch die der positiven kompensiert wird.

- 5 44. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 35 und 42, dadurch gekennzeichnet, daß ein im Feldmodulator (FM) integrierter Anti-Lenz-Kraft-Kompensator aus einer Leiterschleife mit im Feld-Wirkungsbereich der Feldbatterie(n) (FB) parallelen Leitern mit gleichgerichteten Strömen besteht und deshalb die Schwächung des Feldes zwischen den
10 gleichgerichteten Strömen die Rückwirkung des induzierten Magnetfeldes auf das Primärfeld der Feldbatterien (FB) mindert bzw. verhindert.
- 15 45. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 35 und 42, dadurch gekennzeichnet, daß ein im Feldmodulator (FM) integrierter Anti-Lenz-Kraft-Kompensator aus einer magnetisch asymmetrisch richtungsabhängigen Abschirmung (Permeabilitäts-Tensor einseitig besetzt) oder aus einer Feld-Halbleiterdiode besteht, die zwischen Feldmodulator (FM) und Feldbatterie(n) (FB) positioniert ist, so daß eine Rückwirkung des
20 induzierten Feldes am Arbeitspunkt des Abschirmungsstoffs unmöglich ist.
- 25 46. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 35 und 42, dadurch gekennzeichnet, daß ein im Feldmodulator (FM) integrierter Anti-Lenz-Kraft-Kompensator aus einer bewegungsrichtungabhängigen Anti-Feld-Wirkung besteht, die durch magnetische Kompensation mit einem Dimagnetikum (anziehend) und/oder Diamagnetikum (abstoßend) das bewegungsrichtungsabhängige Gleichgewicht herstellt.
- 30 47. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 35 und 42, dadurch gekennzeichnet, daß ein im Feldmodulator (FM) integrierter Anti-Lenz-Kraft-Kompensator aus einer Leiterschleife unter einem Winkel von 45° zur Flächennormale der Feldbatterie(n) (FB) besteht, die auf verschiedenen Potentialniveaus liegende Leiterschleifenäste mit unterschiedlichen Querschnittsflächen und/oder spez. elektr. Widerstand in den Front- und End-Leiterschleifenästen besitzt und deshalb bei Auftreten eines
35 induzierten Wirbelstromrings im inhomogenen Feld mit entgegengesetzt gerichteten schwach bremsenden Front- und stark beschleunigenden Endkraftvektoren die Lenzkraft durch Eigenkompensation verhindert.
- 40 48. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, 35, 36, 37, 38, dadurch gekennzeichnet, daß alternativ im Anti-Lorentz-Kompensator des elektrisch leitenden Feldmodulators (FM) und/oder Pohlschuhs (PS) elektrische und magnetische Anti-Lorentz-Prinzipien so kombiniert werden, daß die auftretende elektrische Influenz und die magnetische
45 Influenz gleichgerichtet (Fig. 40) oder gekreuzt orientiert (Fig. 41) ist.
- 50 49. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, daß die Geometrie eines tropfenförmigen Feld-Stromlinienkörpers so ausgebildet ist, daß der Feld-Druckabfall der Feldumströmung entlang des Feld-Stromlinienkörpers so langsam stattfindet, daß keine

Feldwirbel auftreten können.

50. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1 und 35, dadurch gekennzeichnet, daß die Geometrie eines tropfenförmigen Feldkörperprofils so gekrümmt ist, daß eine konvexe und konkave Seite entsteht und deshalb bei einer Feldumströmung/Feldumfluß Φ eine Feld-Zirkulation um das Feldkörperprofil entsteht, die auf der konvexen Seite höhere Feld-Strömungsgeschwindigkeiten als auf der gegenüberliegenden konkaven Seite erzeugt mit der Folge, daß auf der konvexen Seite ein Feld-Überdruckgebiet und auf der konkaven Seite ein Feld-Unterdruckgebiet entsteht, so daß eine dynamische Feldkraft F_A wirksam wird, die der Lorentz-Kraft F_L in Richtung konkave Seite entgegengerichtet ist, wenn die Feld-Zirkulationsrichtung der Feldumströmung/Feldumfluß im gleichen Sinne orientiert ist wie die Feld-Zirkulationsrichtung des induzierten Magnetfeldes, so daß mit entsprechender F_A feldströmungstechnisch F_L kompensiert wird. Zeigt die konvexe Seite des Feldkörperprofils in Richtung F_L , ist also die Feld-Zirkulation der Feldumströmung/Feldumfluß der Feld-Zirkulation des induzierten Magnetfeldes entgegengerichtet, so wird die abstoßende Lenz-Kraft des im Feldkörperprofil induzierten Magnetfeldes auf das Primärfeld der Feldbatterie(n) (FB) kompensiert. Vorgenannte Wirkprinzipien sind analog zu einem rotierenden elektrisch leitenden Zylinder technisch anzuwenden.
51. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Transversalkraft/-arbeit beim kinematischen Feldmodulator (FM) und/oder Polschuh(e) (PS) in einem Transversal-Kompensator kompensiert wird, um ein Gleichgewicht der Kräfte F und/oder der Arbeit W_{zu} zu erhalten.
52. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 51, dadurch gekennzeichnet, daß eine stationär-aktive Kompensation durch eine Spule mit am Arbeitspunkt A_3 des Werkstoffs verstärkendem Kern als Longitudinalfeld- oder Transversalfeld-Spulen-Kompensator mit einer an die Transversal-Kraft-Weg-Kennlinie der Feldbatterie(n) (FB) genau angepaßten Transversal-Kraft-Weg-Kennlinie des Kompensators mit dynamischer, frequenzabhängiger Intensitäts-Steuerung, erfolgt.
53. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 51, dadurch gekennzeichnet, daß eine stationär-passive Kompensation durch die Alternativen Mitbewegung des passiven Kompensators in longitudinaler Richtung unter Nutzung der Neutralen Zone (NZ - Fig. 46) oder U-Profil-Kompensation mit Rotation der Vorzugsrichtung der Feldlinien des passiven Kompensators um $\alpha=90^\circ$ relativ zum Maschinen-Takt zur Richtung der Feldbatterien (FB) (Fig. 47, 48), erfolgt.
54. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 51, dadurch gekennzeichnet, daß die Kompensation durch aktivierende/deaktivierende Stromimpulse auf bistabile Magnete (Schaltkerne) realisiert wird.

55. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 51, dadurch gekennzeichnet, daß die Kompensation der Polschuhe (PS) in verschiedenen Takten durch Eigenkompensation relativ zum Maschinen-Takt erfolgt (Fig. 49), ggf. durch Kompensation der Longitudinalkraft der einzelnen Feldbatterie (FB) auf den einzelnen Polschuh (PS) durch Kompensationsmagnete (KM - Fig. 50).
56. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 51, dadurch gekennzeichnet, daß die Transversalarbeit-Kompensation entweder im Potentialfeld durch serielle Kompensation parallel zu den Feldlinien (Fig. 51), oder simultane Kompensation unter $\alpha=45^\circ$ zu den Feldlinien (Fig. 52), oder durch simultane Kompensation auf einer Äquipotentialfläche senkrecht zu den Feldlinien (Fig. 53), oder simultane Kompensation durch mechanische Kopplung zweier entgegengesetzt parallel zu den Feldlinien zu bewegend Feldmodulatoren (FM) (Fig. 54), oder simultane Kompensation durch mechanische Kopplung zweier entgegengesetzt senkrecht zu den Feldlinien zu bewegend Feldmodulatoren (FM) (Fig. 55) als Feldmodulator-Eigenkompensation erfolgt.
57. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 51, dadurch gekennzeichnet, daß die Transversal-Kompensation mit Feldmodulator-Bewegung zweier symmetrischer Feldmodulatoren (FM - Fig. 56) mit jeweils einem Kompensatormagnet (KPM) parallel zu den Feldlinien oder alternativ mit einem Feldmodulator (FM) mit gekoppeltem Polschuh (PS - Fig. 57), mit den Varianten der verschiedenen Kompensatormagnet-Feldmodulator-Anschlüssen (KPM-FM - Fig. 58), erfolgt.
58. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 51, dadurch gekennzeichnet, daß eine simultane Kompensation der Tangentialarbeit W_t durch Flach-Permanentmagnete (PM) mit versetzten Polschuhen, die als gekreuzte Kompensatormagnete (KPM_1 und KPM_2) den Fluß je zur Hälfte leiten (Fig. 59), oder als ein Sandwich-Permanentmagnet-System mit halbierten und versetzten Polschuhen (PS - Fig. 60), die den Fluß konzentrieren und auf die Austritts-Fläche A_1 am Norpol und Eintritts-Fläche A_2 am Südpol leiten, erfolgt.
59. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 51, dadurch gekennzeichnet, daß vorzugsweise bei einer rechteckigen Feldbatterie (FB) mit magnetischer Vorzugsrichtung und stark asymmetrischer, d.h. nichtlinearer transversaler Kraft-Weg-Kennlinie parallel zu den Feldlinien/Vorzugsrichtung und transversaler Bewegung des Feldmodulators (FM) im Potentialfeld in der Richtung parallel zu den Feldlinien ein Kippschalter-Effekt eintritt, so daß das System Feldbatterien (FB) mit Feldmodulator (FM) als Kraftverstärker und nicht als Kompensator wirkt.
60. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 51, dadurch gekennzeichnet, daß ein Anti-Transversalkraft-Kompensator, als Inline-Kompensator mit differenzieller und funktionaler Verstärkung/Abschwächung der

feldkraftbestimmenden Größen, entweder durch Variation der Feld-Aus- und -Eintrittsfläche der Flußplatten (FP) ($f(A)$ – Fig. 66.1 a, b), und/oder durch Variation der Amplitudenpermeabilität ($f(\mu_a)$ – Fig. 66.2) in den Flußplatten (FP), und/oder durch Variation der Feldstärkeamplitude bei der Magnetisierung des Permanentmagneten (PM) ($f(H_a)$ – Fig. 63.3) mit der Folge einer transversalen Flußdichte-Funktion, die Funktion der Longitudinalkraft F_l entlang der transversalen Richtung und damit im Kraftfeld auch die davon abhängige transversale Kraftkomponente $F_t(FB)$ festlegt, um damit die Kompensation der auf den Feldmodulator (FM) bei seiner Bewegung wirkenden Transversalkraft $F_t(FM)$ zur Herstellung eines Gleichgewichtes, als Eigenkompensation des Systems Feldbatterien (FB) mit Feldmodulator (FM), mit Anwendung der Feldmodulatorbewegung parallel odersenkrecht zur Feld-Vorzugsrichtung der Feldbatterien (FB), technisch umzusetzen.

61. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 60, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzeugung eines anisotropen Magnetfeldes im Permanentmagneten eine U-förmig lange Zylinderspule verwendet wird, die im Bereich der U-Umlenkungen abgeschirmt ist, so daß mit deren Wicklung in z-Richtung (Zylinderachse = Polachse S-N – Fig. 72.2) ein homogenes Feld, in x-Richtung eine magnetische Vorzugsrichtung und in y-Richtung, also senkrecht zur magnetischen Vorzugsrichtung, eine variable Feldstärkeamplitude ($f(H_a)$ – Fig. 72.1) durch variable Wicklung und Leiterquerschnitte zur Gradienten-Magnetisierung realisiert werden kann, wobei zusätzlich, durch die Abwandlung der zylindrischen Form in S-N-Richtung (Fig. 72. 3 a-e), eine Modifikation der Kraft-Weg-Kennlinie mit vorverlagertem Konvergenzzentrum des Feldes, durch die im Feld bei der Magnetisierung ausgerichtete Anordnung der Kornorientierung, erreicht wird.
62. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Rekuperation, als kinetische Rückgewinnung der Bewegungsenergie des Feldmodulators (FM), beim Bremsen oder bei Energiezufuhr, im FM-Kreis zur Kompensation der Öffnungsarbeit W_{Auf} mit der Schließarbeit W_{Zu} des Feldmodulators (FM), als weitere Komponente zur Optimierung des Gleichgewichtes in der Gesamtarbeit W_{Zu} , genutzt wird.
63. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der oder die Polschuhe zur Maximierung der Nutzkraft in der Kraft-Weg-Kennlinie durch mechanische Reduktion des Mikro-Luftspaltes zwischen den Polschuhen und den Feldbatterien (FB) durch eine elastische Aufhängung (Fig. 62) oder durch einen Keil-Formschluß (Fig. 63) oder durch einen Konus-Formschluß (Fig. 64) ausgebildet sind.

Zweiter unabhängiger Patentanspruch: Feldkraftmaschine, bestehend aus Feld-Halbleitermodulatoren

5 64. Feldkraftmaschine bestehend aus hochreinen Stoffen mit Feld relativ nichtleitendem Ferro- oder Ferri-Verhalten (Feld-Isolatoren (I)), und in geringer Konzentration Fremd-Stoffe (Feld-Dotieratome) mit Feld leitendem Ferro- oder Ferri-Verhalten, als Pendant zu den Elektronen (N) und/oder Defektelektronen (P) leitenden Halbleiterkristallen, dadurch gekennzeichnet, daß ein Feld-Halbleitermodulator im
10 Feldkraftkreis der Feldbatterie(n) (FB) eines FKG, durch relativ nichtleitende magnetische Feld- oder elektrische Feld- oder thermische Feld- oder gravitative Feld-Kristalle und kontrollierten Einbau von Feld wirksamen relativ feldleitenden Fremdatomen (Dotieratomen) entsteht. Dies bewirkt eine bipolare (P und N) oder unipolare (P oder N)
15 Feld-Halbleitung in diesem Feld-Halbleiterkristall, die durch die Dotierung und äußere Feld- und/oder Temperatur-Einflüsse, gemäß einem Feld-Bändermodell, in einem Feldquanten-Leitungsband definiert und lokalisiert eingestellt werden kann. Dadurch entsteht eine Feld-Eigenleitung des Feld-Halbleiterkristalls, die bei Intergration in
20 einen Feldkraftkreis, d.h. mit angelegter Feld-Spannung, eine Feld-Störstellenleitung bildet. In dieser Feld-Störstellenleitung werden die Fluß-/Feldquanten, entsprechend ihrer Polarität, mit funktionaler Addition und Influenz, zum jeweils entgegengesetzten Pol getrieben. Diese P- oder N-Feld-Halbleiterkristalle können einzeln, oder
25 durch Kombination mit anderen P- oder N-Feld- Halbleiterkristallen, analog der elektronischen Halbleiterbauelemente, ein Feld-Halbleiterbauelement bilden. Entsprechend seinem Funktionsmechanismus und seinem strukturellen Aufbau wird das Feld-Halbleitermodulator-Bauelement zur Steuerung des Flußes der
30 Feldquanten des Feldkraftkreises, entweder durch gleichrichten etc. mittels Feld-Halbleiterdioden, oder durch schalten, verstärken, triggern, oder modulieren etc. (Feld-Strom/-Fluß, -Spannung, -Leistung) mittels Feld-Leitfähigkeitsmodulation durch eine Feld-Sperrschicht (Basis) in einem Feld-Bipolar-Transistor (BT), und/oder mittels
35 Kanalquerschnittsmodulation durch ein Gate mit einem Feld quer zum Flußkanal in einem Feld-Feldeffekt-Transistor (FET), hergestellt.

Weitere komplexere Kombinationen bilden Feld-Leistungsbauelemente, wie Feld-Thyristor, Feld-GTO-Thyristor, Feld-Thyristordioden,
40 Feld-Triac und Feld-IGBT.

Erfindungsgemäß sind alle vorgenannten Feld-Halbleitermodulatoren, die sich im Kondensatorfeld eines Feldkraftkreises befinden, wegen der angelegten Feld-Spannung des Feldkraftkreises und der dadurch erzeugten Feldkräfte, relativ zur eingebrachten Kapazität, als Makro-,
45 Mikro- oder Nano-Feldkraftmaschinen definiert und herstellbar.

50 65. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 64, dadurch gekennzeichnet, daß bei magnetischen Feld-Halbleitermodulatoren kristalline isotrope oder anisotrope Stoffe mit ferro- oder ferrimagnetischem und bei elektrischen Feld-Halbleitern kristalline isotrope oder anisotrope Stoffe

mit ferro- oder ferrielektrischem Verhalten verwendet werden, die in Dimagnetika (M-Feld-Isolatoren) oder Magnetika (M-Feld-Leiter) bzw. Dielektrika (E-Feld-Isolatoren) oder Elektri-
 5 ka (E-Feld-Leiter) zur technischen Handhabung nach ihrer Leitfähigkeit in Relation zur Temperatur klassifiziert sind.

66. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 65, dadurch gekennzeichnet, daß
 bei Feld-Halbleitermodulatoren im magnetronischen System die
 10 magnetischen Teilchen, bei negativer Magnetisierung (N) durch ein negatives Elektronen-Spinmoment als Magneton μ_B^- , bei positiver Magnetisierung (P) durch ein fehlendes Elektron-Spinmoment als Magneton-Loch μ_B^+ (Defektmagneton), im Atom und Kristallgitter fixiert sind und die Feldquanten, bei negativer Magnetisierung (N) durch Kopplung/Bindung zwischen zwei Spinmomenten als Magnetron M^- , bei positiver Magnetisierung (P) durch fehlende
 15 Kopplung/Bindungslücke zwischen zwei Spinmomenten als Magnetron-Loch M^+ , als notwendige Voraussetzung zur Flußleitung durch Flußquanten (Photonen) fungieren.

67. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 66, dadurch gekennzeichnet, daß bei Feld-Halbleitermodulatoren ein magnetisches Makro-Teilchen als Atom-Magneton $A\mu_B^-$ durch die im zeitlichen Mittel parallele zu antiparallele Spinmomente entstehende Summe der
 20 Magnetonzahl und ein Atom-Magneton-Loch $A\mu_B^+$ durch die im zeitlichen Mittel parallele zu antiparallele Spinmomente entstehende Summe der fehlenden Magnetonzahl bestimmt ist und die zugehörigen Atom-Magnetronen AM^- bzw. Atom-Magnetronen-Löcher AM^+ durch Austauschwechselwirkung mit den Nachbaratomen die hinreichende Voraussetzung für die Flußleitung ergeben.

68. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 67, dadurch gekennzeichnet, daß bei Feld-Halbleitermodulatoren in einem magnetischen System drei Arten von magnetischen Bezugs-Niveaus für Magnetronenpaar-Bindungen in der Weise festgelegt sind, daß die im
 35 zeitlichen Mittel parallele zu antiparallele Momente als absolut magnetisch negatives oder positives Bezugs-Niveau eines Atoms benutzt wird, oder das relative Bezugs-Niveau der Magnetronenpaar-Bindungen des Atom-/Kristallgitters, wenn $A\mu_B^-$ der Dotieratome relativ zum $A\mu_B^-$ der umgebenden Gitteratome negativ oder positiv ist, so daß in Bezug zu den $A\mu_B^-$ der umgebenden Gitteratomen das $A\mu_B^-$ der Dotieratome kleiner oder größer ist als das der Gitteratome, oder das Bezugs-Niveau eines Dimagnetikums mit einem magnetischen Null-Niveau (magn. Isolator mit $\mu_r=1$), analog des Siliziums im elektronischen Halbleiterkristall.

69. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 67 und 68, dadurch gekennzeichnet, daß bei Feld-Halbleitermodulatoren magnetische Ionen als Makro-Teilchen mit Magnetronenpaar-Bindungen im magnetischen Kristallgitter und N_m^- - oder P_m^- -Feld-Halbleiter dadurch realisiert
 50 werden, daß diese wie nachfolgend wirken:

N_m-Leiter:

Wenn ein relatives oder absolutes Dimagnetikum mit vollständiger Magnetronenpaar-Bindung mit einem um z.B. 1 Magnetron magnetisch höherwertigen Atom dotiert wird, so entsteht ein magnetisch positives Ion I_m^+ und ein magnetischer N_m-Feld-Halbleiter dadurch, daß 1 AM⁻ als Leitungsmagnetron $A\mu_B^-$ verläßt und dadurch ein positiv magnetisiertes Ion hinterläßt.

P_m-Leiter:

Wenn ein relatives oder absolutes Dimagnetikum mit einem um z.B. 1 Magnetron magnetisch niederwertigen Atom dotiert wird, so fehlt für die vollständige Magnetronenpaar-Bindung ein Magnetron und es entsteht ein magnetisch negatives Ion I_m^- und ein magnetischer P_m-Feld-Halbleiter dadurch, daß 1 AM⁻ als Leitungsmagnetron bei $A\mu_B^-$ fehlt; dadurch hinterläßt es ein positives magnetisches Loch.

70. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 67, 68, 69, dadurch gekennzeichnet, daß bei Feld-Halbleitermodulatoren eine streng periodische Atom-/Ion-Anordnung im isotropen oder anisotropen Raumgitter eine magnetische Elementarzelle mit n Gitterpunkten des Raumgitters bildet, in denen die Atom-Magnete in den Gitterpunkten angeordnet sind und deshalb die Magnetronenpaar-Bindung über bestimmte, abstandsabhängige Austauschwechselwirkung mit den benachbarten Spins, n wirksame Elementarmagnete mit m Gitter-Atomen als Elementarzellen-Magnetonen und -Magnetronen bilden, die für die gerichtete Flußleitung und Höhe der Leitfähigkeit notwendig sind, und insbesondere beim Aufbau von nano-kristallinen Feld-Halbleiterbauelementen geometrisch bestimmt angeordnet werden.
71. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 70, dadurch gekennzeichnet, daß bei Feld-Halbleitermodulatoren ein magnetischer Atom-/Ion-Layer eine Ferro-/Ferri-Elementarzelle (FEZ) bildet, die bei einer Anzahl von S Elementarzellen-Schichten den Ferro-/Ferrimagnetismus temperaturabhängig ermöglicht und damit als magnetischer negativer Makro-Atom-/Ion-Layer $AL\mu_B^-$ mit ALM⁻ Makro-Magnetonen bzw. magnetisch positivem Makro-Atom-/Ion-Layer-Loch $AL\mu_B^+$ mit ALM⁺ Makro-Magnetronen-Löcher, die Basis für die magnetische Bezirksstruktur (Domänen) bildet, die als makroskopisch spontane Polarisations-Einheit einen Feld-Halbleiterkristall bildet.
72. Felkraftmaschine gemäß Anspruch 69, dadurch gekennzeichnet, daß bei Feld-Halbleitermodulatoren ein P_mN_m-Übergang als Grenzbereich zwischen einer P_m-leitenden Zone und einer N_m-leitenden Zone im selben magnetischen Halbleiterkristall hergestellt wird, die ohne (Fig. 146) oder mit (Fig. 147) äußerer magnetischer Spannung hergestellt wird und im Fall mit äußerer Spannung einen Sperrfall (1 - Fig. 142) und Durchlassfall (2 - Fig. 142) zur technischen Nutzung ergibt.
73. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 64 und 65, dadurch gekennzeichnet, daß bei Feld-Halbleitermodulatoren magnetische Feld-Halbleiterkristalle aus Dimagnetika durch Dotierung mit Magnetika-Fremdatomen bzw.

elektrische Feld-Halbleiter aus Dielektrika durch Dotierung mit Elektri-Fremdatomen, analog der Herstellungsverfahren elektronischer Halbleiterbauelemente, produziert werden.

- 5 74. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 64 und 65 ff., dadurch gekennzeichnet, daß bei Feld-Halbleitermodulatoren, in analogem Funktionsmechanismus und Aufbau wie elektronische Halbleiterbauelemente, als magnetronische Feld-Halbleiterbauelemente durch eine Kombination mit verschiedenen stark dotierten Feld-Halbleiterkristallen, in den Varianten magnetische Dioden (M-Dioden - Fig. 150), magnetische Bipolar- (M-BT) und Unipolar- (M-FET) Transistoren (M-Transistoren - Fig. 151, 152, 153, 10 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162), und in Anwendungen der Leistungsmagnetronik als magnetischer Thyristor (M-Thyristor - Fig. 163, 15 164 a-c, 165), als M-GTO-Thyristor, M-Thyristordioden, M-Diac, M-Vier- und Fünfschichtdiode, magnetischer Triac (M-Triac - Fig. 166 a-c) und magnetischer IGBT als Kombination eines M-FET zur Steuerung eines M-BT (M-IGTB - Fig. 167, 168) mit hohem Wirkungsgrad und Schaltung starker Ströme/Flüsse, hergestellt und eingesetzt werden.
- 20 75. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 73, dadurch gekennzeichnet, daß bei Feld-Halbleitermodulatoren die Schaltung oder Verstärkung magnetischer Ströme/Flüsse in der Vorzugsrichtung die für den Funktionsmechanismus (normale Betriebsrichtung) entscheidende maximale Wirkung und im Inversbetrieb, also Betrieb entgegen der Vorzugsrichtung, die minimale Wirkung eintritt.
- 25 76. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 73, dadurch gekennzeichnet, daß bei Feld-Halbleitermodulatoren ein M-Bipolar-Transistor (M-BT) ein magnetstrom/-flußgesteuertes Feld-Halbleiterbauelement ist, bei dem kleine Änderungen im magnetischen Basisstrom/-fluß große Änderungen im magnetischen Emitter-Kollektor-Strom/-fluß bewirken, und daß ein M-Feldeffekt-Transistor (M-FET) ein unipolares magnetspannungsgesteuertes Feld-Halbleiterbauelement ist, bei dem ein magnetisches Feld quer zum Kanal, den magnetischen Widerstand der Source-Drain-Strecke praktisch leistungslos steuert, und bei einem M-IGBT ein M-FET (fast leistungslose Ansteuerung) einen M-BT (gutes Durchlassverhalten), wegen des kleinen Durchlasswiderstandes, fast leistungslos ansteuert, sodaß starke magnetische Ströme/Flüsse fast leistungslos gesteuert werden können.
- 30 77. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 64, 65, 66 und 76, dadurch gekennzeichnet, daß bei Feld-Halbleitermodulatoren deren Feldstrom/-fluß-Feldspannungs-Kennlinie bzw. Flußdichte-Feldstärke-Kennlinie ($\Phi_m = I_m$, B_m bzw. $\Theta_m = U_m$, H_m), analog des Ausgangskennlinienfeldes für elektronische Halbleiterbauelemente, die stabilen Schaltzustände an den Arbeitspunkten A_1 ="Aus" mit sehr großem Widerstand, A_2 = Sättigungsanfang bei M-BT oder Abschnürgrenze bei M-FET, und A_3 = "Ein" mit maximaler
- 35 40 45 50

Leitfähigkeit, auf der Arbeitsgeraden zur Schaltung oder Verstärkung definiert und damit die Arbeitsspunkte stabilisiert werden können.

- 5 78. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 73, dadurch gekennzeichnet, daß bei Feld-Halbleitermodulatoren alle Feld-Halbleiterbauelemente mit analogem Funktionsmechanismus und Aufbau auch als elektrische Feld-Halbleitermodulatoren, z.B. als E-BT, E-FET, E-IGBT, hergestellt und eingesetzt werden, wobei durch die Ferro-/Ferrielektrizität die Oberflächenladungen der Kristalle, statt der magn. Spinmomente, die elektrisch spontane Polarisierung bewirken und dadurch das Ausgangskennlinienfeld definieren.
- 10
- 15 79. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 64, dadurch gekennzeichnet, daß ein Supra-Halbleitermodulator als elektrisch unipolares oder bipolares System, mit Elektronen-Paaren (Cooper-Paaren) als gebundene Leitungselektronen-Paare (N_C) und/oder Elektronen-Loch-Paare als fehlende Leitungselektronen-Paare (P_C) dadurch entsteht, daß ein supraleitender Nichtleiter-Kristall durch supraleitende Fremdatome mit einem höherwertigen oder niederwertigen antiparallelen Elektronen-Paar in geringer Konzentration dotiert wird, d.h. ein Cooper-Paar zuviel oder zu wenig hat, und daraus die "gebundenen" Leitungs-Elektronen-Paare oder -Löcher-Paare entstehen. Und daß mit diesem Supra-Halbleiterkristall im Funktionsmechanismus zu normalleitenden Halbleiterbausteinen analoge Supra-Halbleiter-Dioden, Supra-Halbleiter-BT, -FET, -IGBT, etc. und supraleitende Schaltungen in einem Supra-Feldkraftkreis hergestellt werden können.
- 20
- 25
- 30 80. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 73 und 79, dadurch gekennzeichnet, daß bei Feld-Halbleitermodulatoren und Supra-Halbleitermodulatoren jede Art von Schaltungen durch M-Feld-Halbleitermodulatoren oder E-Feld-Halbleitermodulatoren oder Supra-Halbleitermodulatoren hergestellt werden kann.
- 35 81. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 73 bis 80, dadurch gekennzeichnet, daß bei Feld-Halbleitermodulatoren die Konstruktion eines M-BT/E-BT (Fig. 169), oder eines M-FET/E-FET (Fig. 170), oder eines M-IGBT/E-IGBT (Fig. 171), hergestellt in Makro-, Mikro- oder Nano-Struktur, als Feldmodulator (FM) und/oder Polschuh (PS), das Feld der Feldbatterie(n) (FB) im Feldkraftgenerator (FKG) moduliert.
- 40

Dritter unabhängiger Patentanspruch: Feldkraftmaschine aus Feldkraftmotor (FKE)

- 45 82. Feldkraftmaschine bestehend aus Erregerspulen oder Erregerplatten und Induktoren, sowie aus Kernen mit elektrisch oder magnetisch leitenden oder halbleitenden Stoffen mit Ferro-/Ferri-Verhalten, dadurch gekennzeichnet, daß ein Feldkraftmotor (FKE), gespeist mit äußerer elektrischer Primärenergie, im Feldkraftmotortakt dynamisch geregelte und mit variabler Zeitdauer gesteuerte, abstoßende oder

anziehende, magnetische Feldkraftstöße in Magnesern, oder elektrische Feldkraftstöße in Elektresern, erzeugt, die über ein Zwei-Magneser-/Elektreser-Prinzip oder ein Ein-Magneser-/Elektreser-Induktor-Prinzip, entsprechend der Kraft-Weg-Kennlinie der erzeugten Felder, umgesetzt in ein p,V-Diagramm, in mechanische Arbeit umgewandelt werden.

83. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 82, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrische Feldkraftmotor (FKE) aus einem System mit zwei Magnesern, orientiert in antiparalleler oder paralleler Kraftfeld-Kopplung, besteht und jeder Magneser aus einer optimierten Erregerspule und einem optimierten Kern besteht und das System zur Erregung durch Impulsmagnetisierung mit Pulskompressionstechnik betrieben wird.

84. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 82 und 83, dadurch gekennzeichnet, daß die Erregerspule in einer ersten optimierten magnetischen Wirkung um so größer ist, je größer die Durchflutung und je kleiner die mittlere Spulenlänge (mittlere Feldlinienlänge) ist, und dadurch viele kurze Spulen mehr magnetische Wirkung ergeben als eine lange, und in einer zweiten Optimierung eine um so größere Kraftwirkung erzeugt wird, je dichter die magnetischen Feldlinien sind, d.h. je größer der magnetische Fluß und je kleiner die Fläche ist, die von ihm durchsetzt wird, und dadurch viele kleine Spulen mit kleiner Fläche eine höhere magnetisch Kraftwirkung ergeben als eine Spule mit großer Fläche.

85. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 82 und 83, dadurch gekennzeichnet, daß der optimierte Kern eine um so höhere magnetische Verstärkung aufweist, je höher die Leitfähigkeit am Arbeitspunkt A_3 ($-(BH)_{\max}$), bei gleichzeitiger Maximierung der Flußdichte und Minimierung der Feldstärke, in der Flußdichte-Feldstärke-Kennlinie ist, d.h. daß zur maximalen Wirkung dieses Magneser-Typs nur Stoffe mit der höchsten Leitfähigkeit mit gleichzeitig höchster Flußdichte und niedrigster Feldstärke den höchsten Verstärkungsfaktor ergeben.

86. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 82, 83, 84 und 85, dadurch gekennzeichnet, daß die weitere Optimierung des Magnesers zur Erzeugung des niedrigsten Energieverbrauchs, durch Maximierung des Verhältnisses von Kraft zu Eigengewicht der Erregerspule, Kern und Rückschluß, mit einem Kern aus elektrisch isolierten Lamellenblechen, vorzugsweise aus kornorientiertem und/oder anisotropem Stoff, oder aus einem Kern mit Ein-/Bikristallen und Teilung in Lamellen entlang der magn. Vorzugsachse, sowie der Optimierung der geometriebedingten Eigenresonanz des Kerns mit Minimierung der Ummagnetisierungsverluste, erfolgt.

87. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 82, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrische Feldkraftmotor (FKE) aus einem System mit zwei Festkörper-Magnesern, orientiert in antiparalleler oder paralleler Kraftfeld-Kopplung, besteht und jeder Festkörper-Magneser

aus einem starken magnetischen Hohlraumresonator mit magnetisch aktivem Wirtskristall, in hervorragender magnetischer Qualität und großer Wärmeleitfähigkeit, als Verstärkern mit dotierten magnetisch aktiven Fremdatomen, aufgebaut ist, und durch Pumpen, d.h. durch parametrische Erregung / Verstärkung in der Pumpfrequenz mit Pulskompressionstechnik, über eine magnetische Besetzungsinversion im Magnesermaterial, eine starke induzierte oder stimulierte magnetisch kohärente Emission erzwungen wird, in der die Spins in einen energetisch tieferen Zustand klappen, so daß der erzeugte Feldkraftstoß der Festkörper-Magneser im FKE die Nutzarbeit erzeugt.

88. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 87, dadurch gekennzeichnet, daß das Festkörper-Magnesermaterial in einen magnetischen Resonator mit zwei magnetischen Spiegeln, dem magn. Spiegel S_1 mit 100% Reflexion und dem Auskoppelspiegel S_2 mit geringerer magn. Transmission, realisiert durch magnetische Brechungsindexmodulation, eingesetzt wird, so daß sich darin eine stehende magnetische Welle aus magnetischen Flußquanten aufbaut, die sich in der Längsachse bewegt und immer wieder das magnetisch aktive Material durchquert und dabei kohärent verstärkt wird, wobei solche Wellen, die den Weg schräg zur Längsachse nehmen, sehr schnell das magn. aktive Material verlassen und nicht weiter verstärkt werden.
89. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 88, dadurch gekennzeichnet, daß die Resonatorgüte während des magn. Pumpvorgangs künstlich niedrig gehalten wird, so dass der Festkörper-Magneser nicht anschwingt und eine hohe magnetische Besetzungsinversion aufgebaut wird, und wird die Güte des Güteschalter (Q_m -Switching), der aus Zellen bestehend im Resonator eingebaut ist, zu einem bestimmten Zeitpunkt erhöht, so entlädt sich die gespeicherte magnetische Anregungsenergie in einem kurzen, leistungsstarken magnetischen Riesenimpuls.
90. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 88 und 89, dadurch gekennzeichnet, daß durch Verstärkung die magnetische Energie angehoben wird, in dem die magnetischen Feldpulse während des Verstärkungsprozesses zunächst, wegen der extremen Leistungsdichte im Verstärkernmedium, künstlich verlängert werden, so dass nach der Verstärkung die magnetischen Pulse wieder komprimiert werden und dann mit ihrer extremen Leistung im Kurzzeit-Festkörper-Magneser zur Verfügung stehen und danach ausgekoppelt werden.
91. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 82 und 88, dadurch gekennzeichnet, daß, alternativ zum magnetischen Hohlraumresonator, zur Erzeugung des Pumpvorgangs eine effiziente Hochleistungs-Magneserdiode eingesetzt wird.
92. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 91, dadurch gekennzeichnet, daß die Magneserdiode durch einen magnetischen Halbleiter entsteht, der die Größe der magnetischen Bandlücke vorgibt, wobei die magnetische Inversion durch Injektion von Magnetisierungssträgern

(Magnetonen μ_B^- und Magnetonen-Löcher μ_B^+) in diesem magnetischen Halbleiter mit P_mN_m -Übergang erzielt wird - die Magnetonen-Löcher sind positiv magnetisierte, unbesetzte Elektronen-Spinzustände und können im Vorwärtsbetrieb von P_mN_m -Übergängen mit einem Magneton-Spinzustand unter Emission eines Photons (Magnetron) "rekombinieren".

93. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 82, dadurch gekennzeichnet, daß ein Feldkraftmotor (FKE) aus einem Magneser / Feststoffmagneser / Diodenmagneser und der Gegenkolben aus anziehendem Ferro-/Ferrimagnetischem Stoff besteht.
94. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 82 ff., dadurch gekennzeichnet, daß ein Feldkraftmotor (FKE) aus einem Magneser / Feststoff-Magneser / Diodenmagneser und der Gegenkolben aus einem Induktor aus elektrisch hoch leitendem und leichtem Werkstoff, z.B. Aluminium, oder aus einer Sekundärspule, besteht, so dass beim Ein- und Ausschalten des Feldes ein sich sehr schnell änderndes Erregerfeld entsteht, das im Induktor einen starken Wirbelstrom erzeugt, der beim Einschalten des Feldes in OT-Position der Kurbelwelle eine Abstoßung (Magnetfeld ist dem Erregerspulenfeld entgegengerichtet) und beim Ausschalten des Feldes in UT-Position eine Anziehung (Magnetfeld ist dem Erregerspulenfeld gleichgerichtet) bewirkt.
95. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 82, dadurch gekennzeichnet, daß ein Feldkraftmotor (FKE) mit analogem Funktionsmechanismus wie bei einem Magneser-System, aus Elektreser-System-Komponenten mit Erregerplatten und Kernen aus Ferro-/Ferrielektrischem Stoff aufgebaut ist.
96. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 82, 87, 91, 95, dadurch gekennzeichnet, daß ein Feldkraftmotor (FKE) mit seinem primär oder sekundär Feld erzeugenden Komponenten so angeordnet wird, daß zum Impulsausgleich zwei gegenläufige Läufer, oder ohne Impulsausgleich, ein ortsfester Stator und ein oszillierender bzw. beweglicher Läufer, als Feldkraftmaschinen-Typ in Longitudinal- oder Transversalmaschinen-Bauweise hergestellt und betrieben wird.
97. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 82 und 95, dadurch gekennzeichnet, daß ein Feldkraftmotor (FKE) als Arbeitsmaschine zum Arbeits- und Leistungsabtrieb mit direkter translativer/rotativer Feldkraft-Nutzung oder über einen Kraft-Drehmoment-Wandler, vorzugsweise bei Longitudinalmaschinen mit einem erfindungsgemäß im Kurbeltrieb integrierten Pleuellängen-Variator (PLV), gebaut und betrieben wird.

Vierter unabhängiger Patentanspruch: Feldkraftmaschine und Pleuellängen-Variator (PLV)

98. Feldkraftmaschine bestehend aus einem Kraft-Drehmoment-Wandler in Form einer Kurbelschleife mit den Elementen Kurbelwelle, Pleuel und

Kolben, dadurch gekennzeichnet, daß ein Pleuellängen-Variator (PLV) als variables Pleuel die Höhendifferenz des Kurbelwellenhubzapfens (HZ) der Kurbelwelle (KW) zum Kolbenzapfen (KZ) von der OT-Position bei 0° KW nach OT'-Position bei 90° KW und von der UT-Position bei 180° KW nach UT' bei 270° KW derart während der Kurbelwellenumdrehung ausgleicht, daß das Pleuel (P) um die Höhendifferenz (ΔVHZ) bzw. Längendifferenz (ΔP_1) in diesen Phasen verlängert bzw. verkürzt wird, so dass der Kolben (K) in der OT- bzw. UT-Position ruht, bis der Kurbelwellenhubzapfen (HZ) die 90° KW- bzw. 270° KW-Position erreicht hat, wodurch die Kraft bei maximalem Hebelarm in den Positionen ab 90° KW bzw. ab 270° KW (ΔP_1 -Steuerdiagramm explizite Lösung - Fig. 181, mechanischer Aufbau - Fig. 182, KW-Kinematik Pleuellängen Variation - Fig. 183, ΔP_1 -Steuerdiagramm implizite Lösung - Fig. 184, PV für Kolben K1 - Fig. 185, PV für Kolben K2 - Fig. 186, ΔP_1 Steuerdiagramm mit symmetrischer Krafteinleitung +F und -F des K1 - Fig 187) eingeleitet wird.

99. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 98, dadurch gekennzeichnet, daß ein Pleuellängen-Variator in den Varianten A. "Höhenfunktion MKZ und ΔVHZ relativ zur KW-Achse", B. "Höhenfunktion ΔVHZ relativ zur KW-HZ-Achse", oder C. "Ausgleichsgetriebe", oder D. "Ausgleichs-Kurvenscheibe ortsfest", den Höhen- bzw. Längenausgleich vornimmt.
100. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 98, dadurch gekennzeichnet, daß der Pleuellängen-Variator (PLV) Variante A (Fig. 188) mit dem Prinzip "Höhenfunktion MKZ und ΔVHZ relativ zur KW-Achse", mit einem 2. Kurbeltrieb (PV) im oberen Kolbenzapfen (OKZ) versehen ist, und zum Höhen- bzw. Längenausgleich ein Stößel (S) mit Nockenrolle (NR) auf einer Nockenscheibe (NS), die auf der Kurbelwelle (KW) mitdrehend befestigt ist und zur Steuerung des mittleren Kolbenzapfens (MKZ) im PV benutzt wird. Ein explizites Prinzip (Fig. 181) besteht aus einem oberen Pleuel (P_1) und aus einem unteren Pleuel (P_2), wobei der PV über den OKZ in den Pleuel P_1 integriert ist. Ein implizites Prinzip (Fig. 184) hat ein Gelenk weniger als das explizite Prinzip und dadurch kann das System wesentlich kürzer gebaut werden, was einem tief liegenden Schwerpunkt entgegenkommt.
101. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 98, dadurch gekennzeichnet, daß der Pleuellängen-Variator (PLV) Variante B (Fig. 189, 190, 191) mit dem Prinzip "Höhenfunktion ΔVHZ relativ zur KW-Achse", mit einem 2. Kurbeltrieb (PV) im oberen Kolbenzapfen (OKZ) versehen ist, wobei zum Höhen- bzw. Längenausgleich ein Stößel (S) mit Nockenrolle (NR) in Kontakt zur Nockenscheibe (NS) mittels einer Gleitführung auf dem Schaft des Pleuel P_2 drehbar verbunden ist, wobei die Nockenscheibe (NS) auf dem Kurbelwellenhubzapfen (HZ) befestigt ist.

102. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 98, dadurch gekennzeichnet, daß der Pleuellängen-Variator (PLV) Variante C (Fig. 192, 193, 194) mit dem Prinzip "Ausgleichsgetriebe", den Höhen- bzw. Längenausgleich wie folgt vornimmt: Der Kurbelwellenhubzapfen (HZ_1) wird versetzt über einen Auslegerarm in seiner Winkel-Lage und einer Radiendifferenz eines Planeten-Zahnrad (Z_p) mit $r=1/2\Delta P$ ($r=1/2$ Höhendifferenz zwischen Ist- und Soll-Bogen des Hubzapfens HZ_3 bei momentan ortsfestem Pleuelzapfen (PZ), d.h einer Übersetzung des Radsatzes von $i=4:1$), und mit einem lokalen, mitrotierenden PV-Kurbeltrieb oder Exzentertrieb versehen wird, dessen Steuerung mit diesem Planeten-Zahnrad (Z_p) - wegen der Drehrichtungsumkehr - gekoppelt mit Außenrad (Z_a) und/oder Innenrad (Z_i), je nach Steuerfunktion, erfolgt. Die Achse des PV wird in die neue Lage des Kurbelwellenhubzapfens (HZ_2) integriert:
So bewegt sich der Kurbelwellenhubzapfen HZ_3 des Pleuel auf einem Ausgleichsbogen = Soll-Bogen (Radius mit Zentrum in PZ als relativ und momentan ortsfester Punkt des PZ) um HZ_2 , statt auf dem Ist-Bogen des HZ_1 . Der Pleuelzapfen (PZ) ist während der Kurbelwellendrehung von 0° KW nach 90° KW in seiner Lage konstant über eine schaltbare Klemmung S (Stop) arretiert, so dass der Kolben während der Kurbelwellendrehung seine OT-Position nicht verändert; gleiches Prinzip gilt für die UT-Position von 180° KW nach 270° KW. Damit keine Bewegung des Pleuelzapfens (PZ) entsteht, muß die Klemmung des Hubes während dieser Phase bestehen, so dass der Kurbelwellenhubzapfen HZ_3 auch dem Soll-Bogen folgt.
103. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 98, dadurch gekennzeichnet, daß der Pleuellängen-Variator (PLV) Variante D (Fig. 195) mit dem Prinzip "Ausgleichskurvenscheibe ortsfest", den Höhen- bzw. Längenausgleich als Konstruktion mit einem Variator-Pleuel für den Kolben (K1) und für Kolben (K2) mit separatem Hubteiler $1/2H$ K1 und $1/2 \cdot H$ K2, wie folgt vornimmt:
Die Kurvenscheibe (KS) ist eine ortsfeste Kurvenscheibe mit Außen- und Innen-Kurvenscheibe, in deren Führungsbahn mit Soll-Bogen sich eine Kurvenrolle (KR) als variabler Hubzapfen HZ_1 - gekoppelt über einen schwingenden Auslegerarm (A) verbunden mit dem Hubzapfen HZ der Kurbelwelle - mit dem mit HZ_1 gekoppelten Pleuel (P) so bewegt, dass sich die Pleuellängen-Variation, relativ zur Kurbelwellen-Position, auf dem Soll-Bogen ergibt.
Die auf der Innenbahn entstehenden scharfen Wendepunkte werden durch einen Materialauftrag auf der Innenbahn mit der Dicke d zu einem zur Außenbahn äquidistanten Krümmungsradius umgeformt, so dass sich eine weniger scharfe Abrollung und Verschleiß ergeben. Der Radius der Kurvenrolle (KR) ergibt die äquidistanten Führungsbahnen mit entsprechender Beschleunigungsfunktion.
104. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 98, dadurch gekennzeichnet, daß der Pleuellängen-Variator (PLV) in seinen verschiedenen Varianten als neues kinematisches Wandlerprinzip zur effizienten (höheres

Drehmoment und Leistung aufgrund des größeren Hebelarms)
Umwandlung linearer in rotative Bewegung bei Kurbelschleifen für
Verbrennungsmotoren, Kompressoren, Pumpen und anderen
Kraft-Drehmoment-Wandlern eingesetzt werden kann

5

Fünfter unabhängiger Patentanspruch: Magneto-elektrisches Feldkraft-System

10

105. Feldkraftmaschine bestehend aus Elektrogenerator, Ladungsregler, Pufferbatterie, Kupplungen, Wärmetauscher, Abschirmungen Verbraucher etc. dadurch gekennzeichnet, daß ein Magneto-elektrisches Feldkraft-System durch die Kombination der FKM-Sybsysteme Feldkraftgenerator (FKG), auch als FKG-Solid-state-Version, Feld-Halbleitermodulatoren, Feldkraftmotor (FKE), und/oder bei Translations-Rotationswandlung ein Pleuellängen-Variator-System, einen miteinander abgestimmten Funktionszusammenhang in der Weise ergeben, daß ein komplett neues autonomes Antriebssystem/-aggregat und/oder Energiequelle und/oder Energiepumpe (im Linkskreisprozeß) entsteht (Fig. 197).

20

25

106. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 105, dadurch gekennzeichnet, daß der Feldkraftgenerator und/oder der Feldkraftmotor (FKE) in der Maschinenart einer Longitudinal-Maschine, vorzugsweise ausgebildet als Hubkolben-, Freikolben-, Orbitalkolben-, Transversal-Hubkolben-Maschine, oder als Transversal-Maschine mit konstantem Arbeitsluftspalt zwischen den Feldbatterien (FB), vorzugsweise ausgebildet als Kreiskolben-, Drehfeld- oder Wanderfeld-Maschinen, sowie als FKG-Solid-state Feldkraftgenerator ohne bewegliche Komponenten (ausgenommen Feldmodulator) hergestellt wird.

30

107. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 105 und 106, dadurch gekennzeichnet, daß die Herstellung der Feldkraftmaschine in Teilen und im Ganzen in der Scalierung Makro-, Mikro-, und Nano-Technologie erfolgt.

35

40

108. Feldkraftmaschine gemäß Anspruch 105, 106 und 107, dadurch gekennzeichnet, daß der Einsatz und die Anwendung bzw. Verwendung unbeschränkt ist, d.h. auf der Erde, im Wasser, in der Luft und im Raum. Und daß die Feldkraftmaschiene ohne Einschränkung des Verwendungszwecks in mobilen Systemen, z.B. zum Antrieb von Autos, Eisenbahnen, Schiffen, Motorrädern, Flugzeugen, Robotern, etc. und in stationären Systemen, z.B. im Haus für die Erzeugung von Wärme, Kälte, Förderung von Wasser, etc., sowie in der Industrie zum Antrieb von Maschinen und/oder zur Erzeugung von elektrischer Energie, eingesetzt werden kann.

45

Fig. 1.1 a,b: Longitudinalkraft-Maschinen

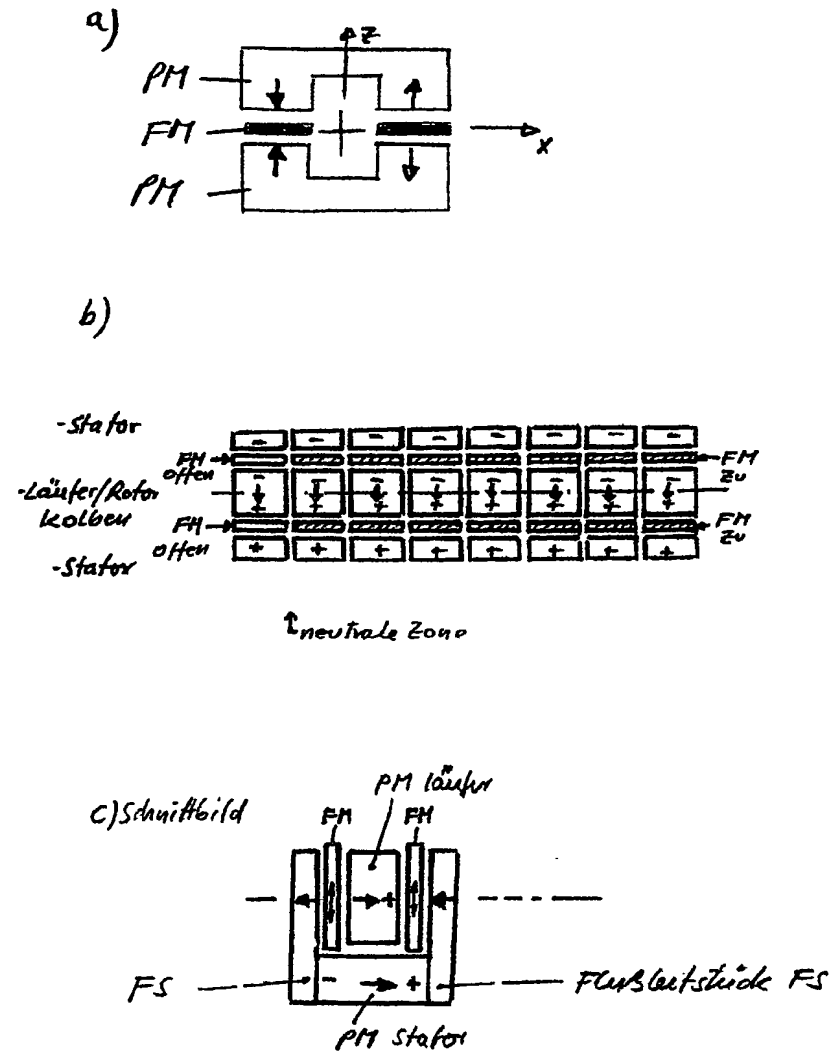
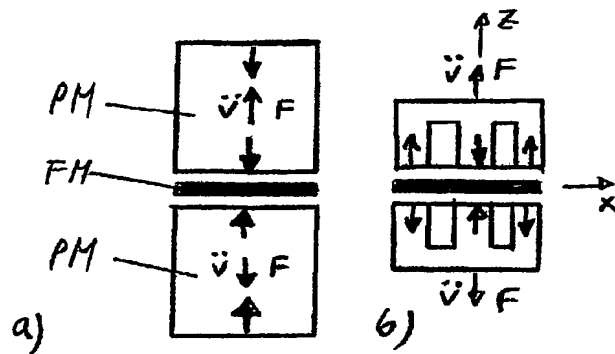
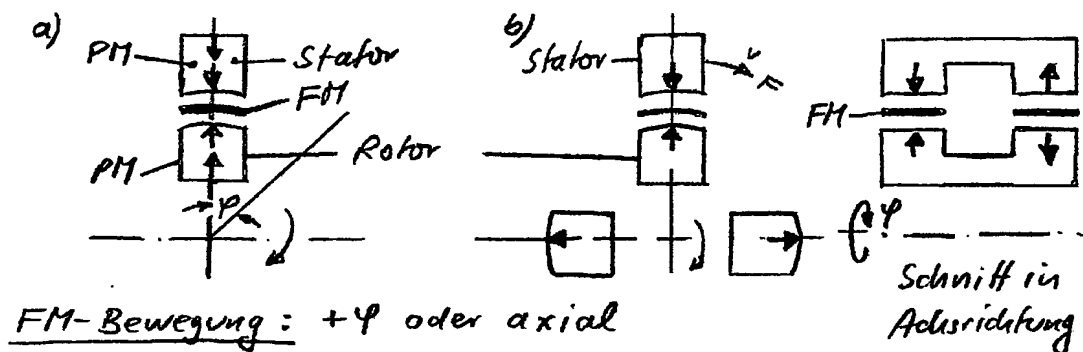
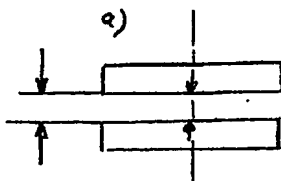
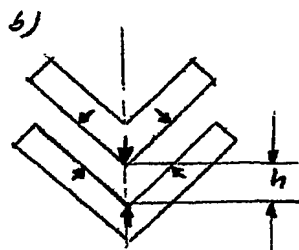
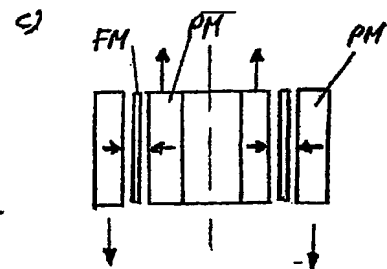


Fig. 1.2 a), b), c): Wanderfeld-FKG**Fig.1.2: Freikolben-FKM****1.3 Orbitalkolben-FKM****Fig. 2: Drehfeld-FKM a), b) Axiale Anordnung. FM-Bewegung: $+\varphi$ oder axial
c) Radiale Anordnung (wie bei Scheibenläufer-Motor)****Fig. 3 a): Ebene****Fig. 3 b): Konus****Fig. 3 c): Tauchsystem**

UT-Stellung

UT-Stellung

OT-Stellung
Ausführung: Parallele
Platten Ring-System

Fig. 3a – c): Polflächen-Variation für Kraft-Weg-Modifikation
 Abstoßung PM's = positive Energie +E
 Anziehung FM = negative Energie -E → Feld-Deformationsenergie

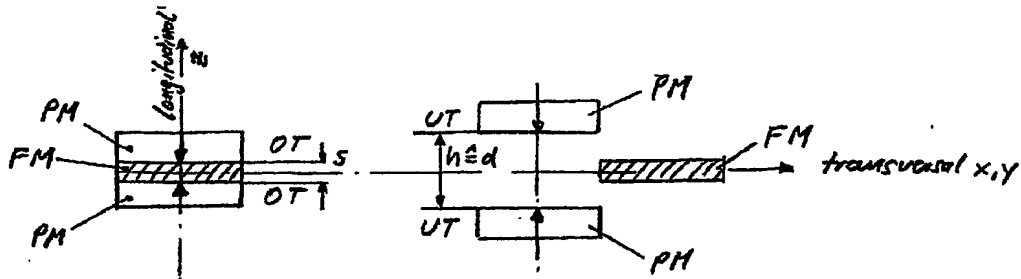


Fig. 4: Inline-FM in Gleichgewichtslage

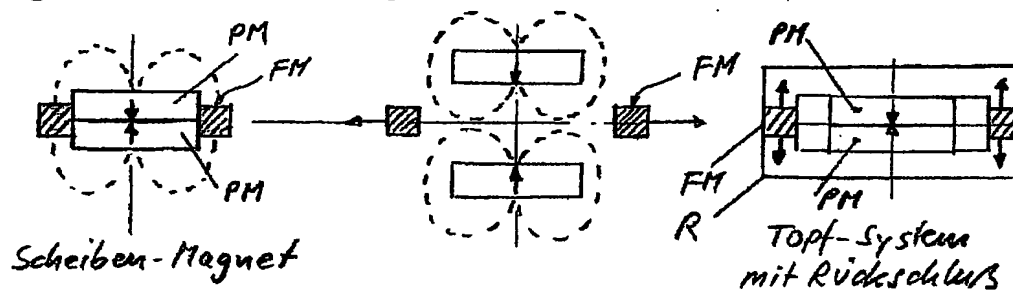


Fig. 5: Outline-FM

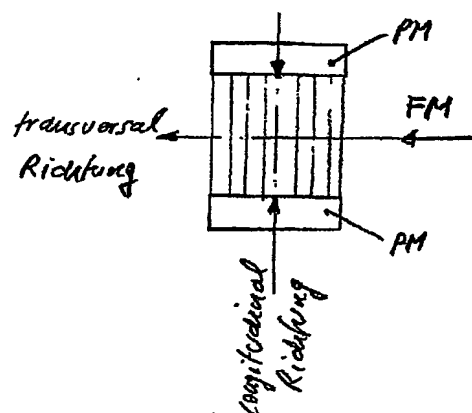


Fig. 6: Homogenes longitudinales Feld transversal schneiden

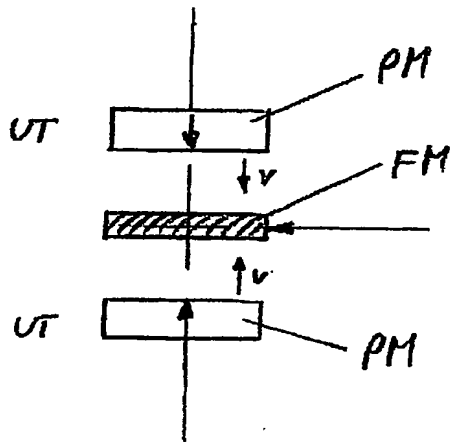


Fig. 7: FM in UT-Position geschlossen

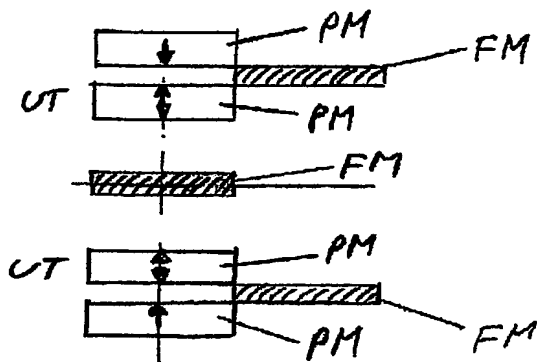


Fig. 8: Rückstellungs-PM

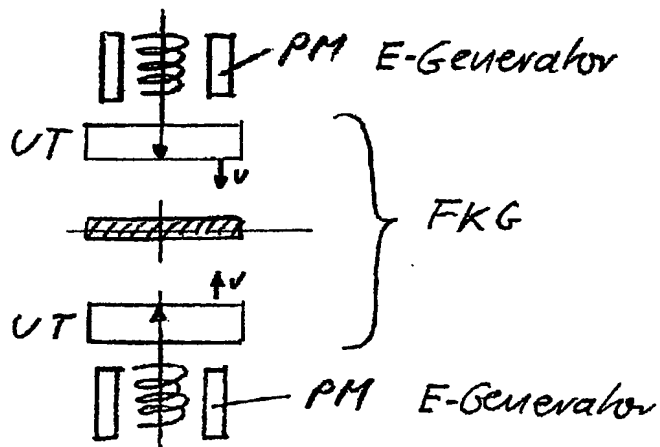
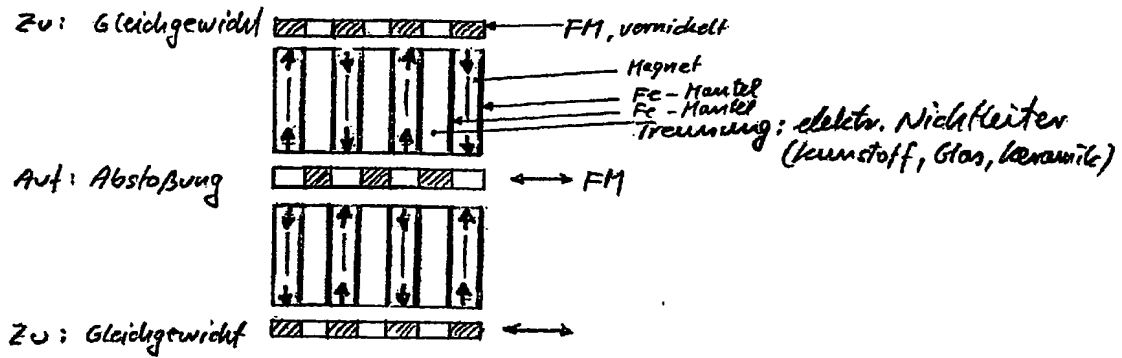
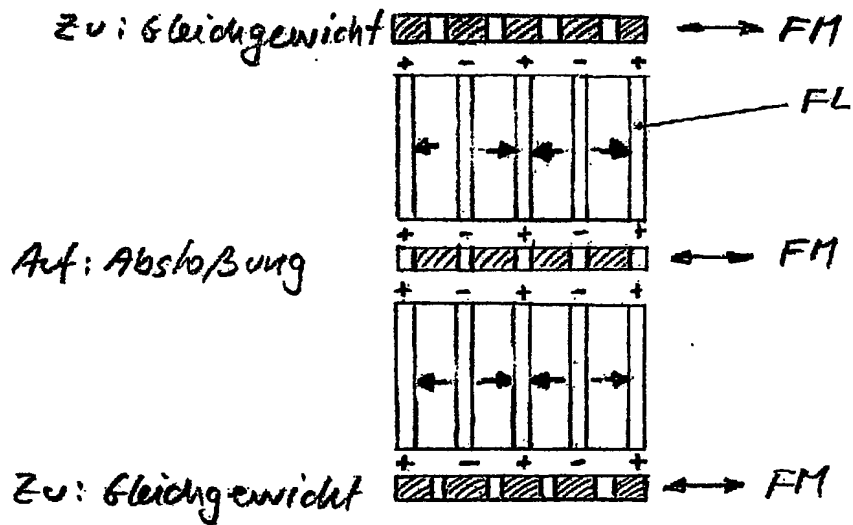


Fig. 9: E-Generator (z.B. Wanderfeld linear)

Magnet-Batterie = Feld-Batterie FB (Fig. 10)**Fig. 10.1: Inlien-FM und Magnetisierung in der Höhe****Fig. 10.2: Inlien-FM axiale Magnetisierung + Flußleitmantel (FL)**

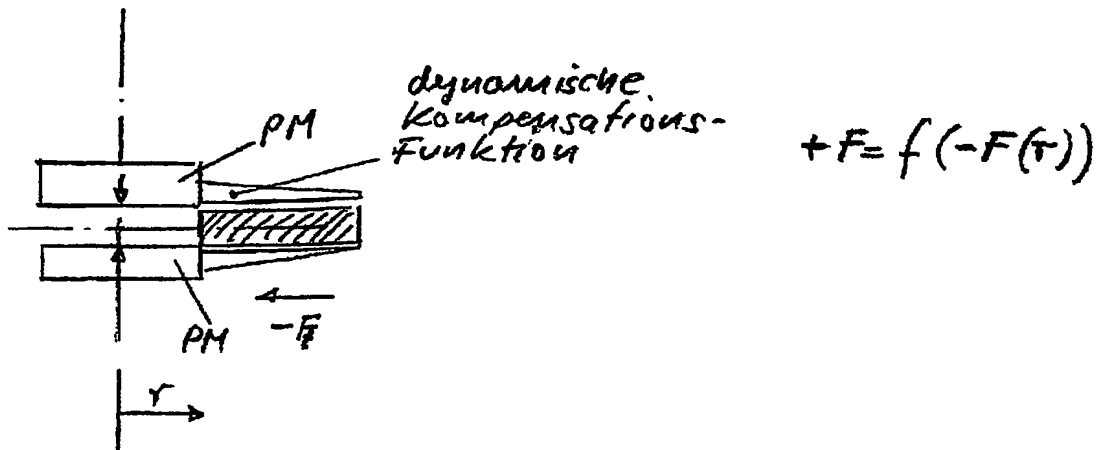


Fig. 11: Transversale Kompensation PM-Anziehung, Wirbelströme

K Kompensator

a) Permanent-Magnet, parallele Spin-Stellung - statische Kompensation

b) 2 Spulen: anziehend - dynamische Kompensation

Anziehung wird durch K verstärkt und/oder dynamisch geregelt
(Wirbelströme, Temperatur)

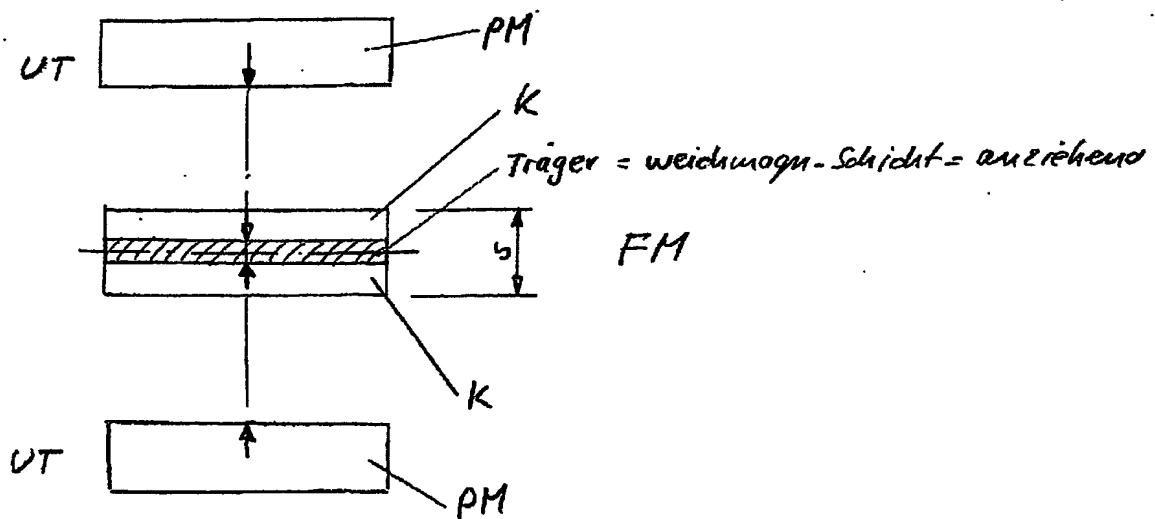


Fig. 12: Aktiver FM mit dynamischem Kompensations-System: Ungleichgewicht
→ Gleichgewicht

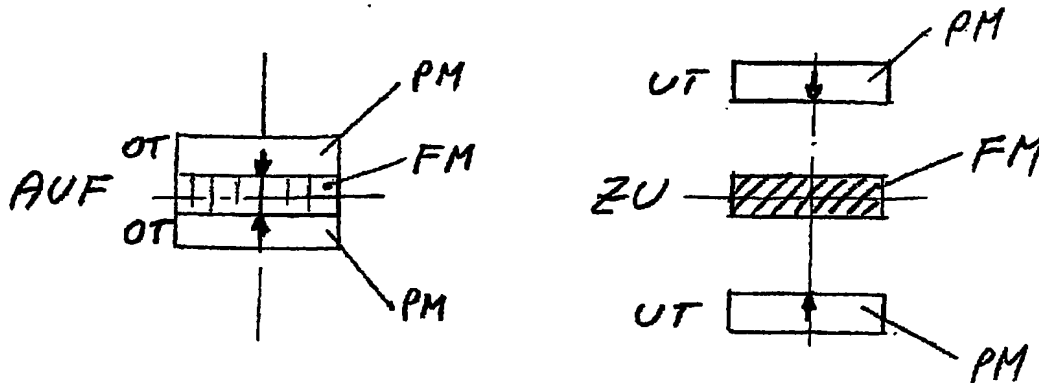


Fig. 13: Stationärer FM, Stoff-Änderung der B-H-Kennlinie

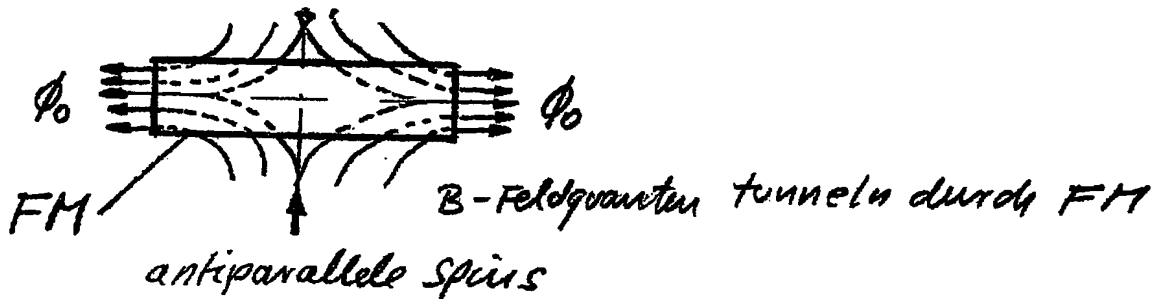


Fig. 14: Tunneln von Flußquanten Φ_0 durch den FM-"Isolator" = Sperrschicht (nicht magn. Flußquanten leitend), d.h. paramagnetisch wirkend.

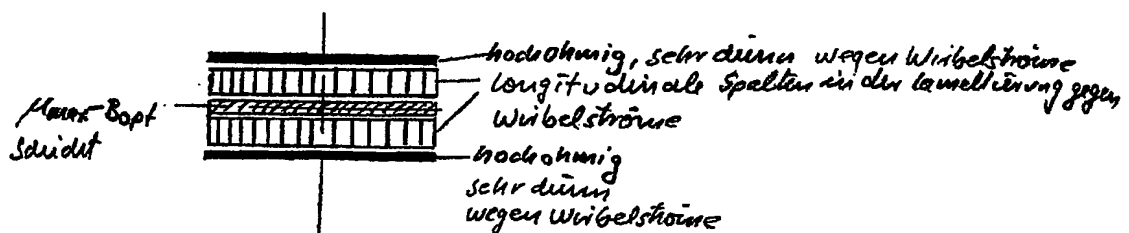


Fig. 15: Spalten in der Lamellierung

a) offene Geometrie,

b) geschlossenes Geometrie.

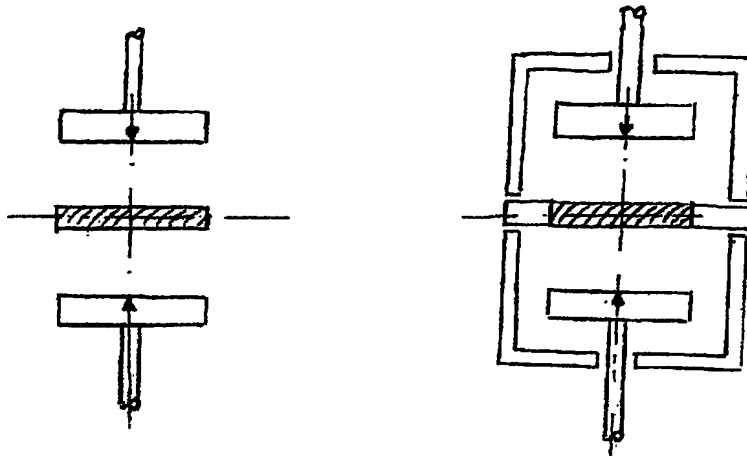


Fig. 16: Geometrisch offenes oder geschlossenes Gehäuse.

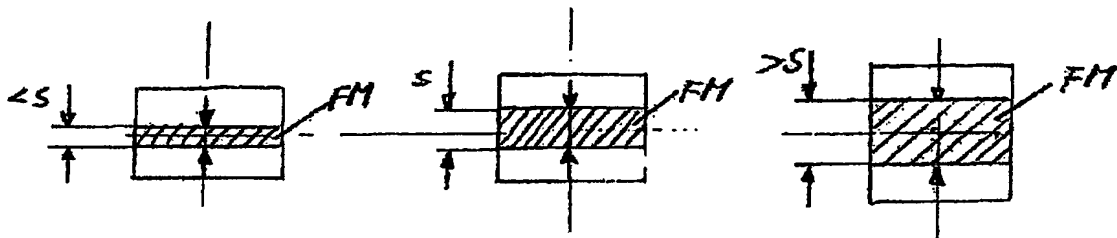
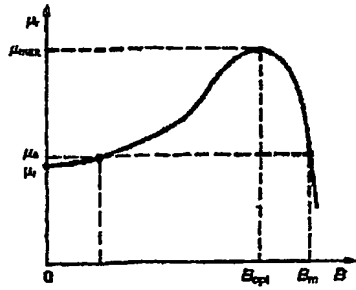
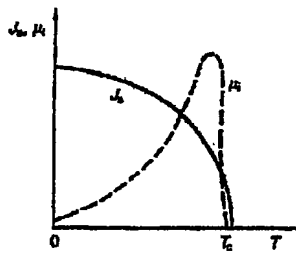
a) Stark abstoßend
 $+F(PM) - F(FM) = +F$ b) Gleichgewicht
 $+F(PM) - F(FM) = 0$ c) Stark anziehend
 $+F(PM) - F(FM) = -F$ 

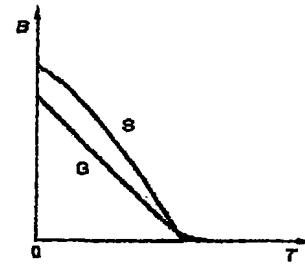
Fig. 17: Abstoßung-Gleichgewicht-Anziehung.



a) Zur Erläuterung des Aussteuerungseinflusses bei Abschirmungen

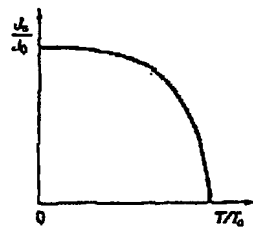


b) Temperaturabhängigkeit von J_s und μ

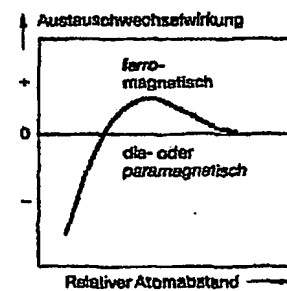


c) B - T -Kurven

Fig. 18 a-c

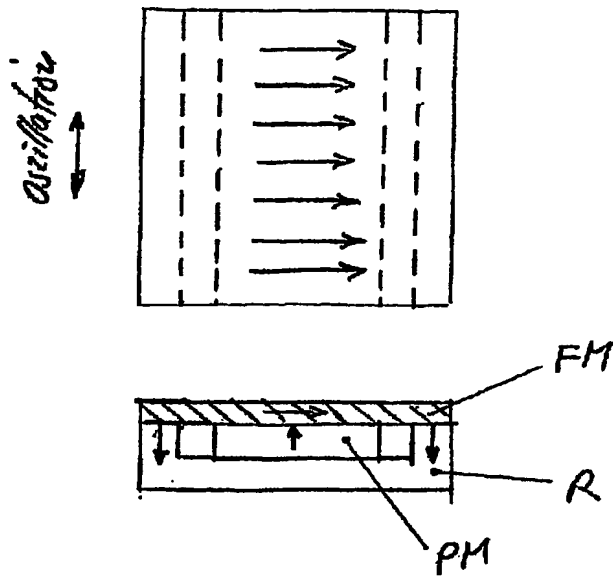


d) Polarisations-Temperatur-Kurve (normiert)



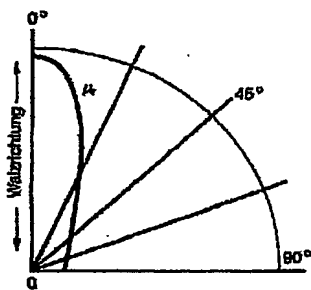
e) Bethe-Slater-Kurve

Fig. 18 a - e: Schaltung der Permeabilität bei T_c : ferromagnetisch – paramagnetisch



Kornorientierung
Richtung Magnetfeld

Fig. 19: FM-Bewegung im inhomogenen antiparallelen Feld



Richtungsabhängigkeit der Permeabilität

Fig. 20: Kornorientierung im Blech (Gross-Textur)

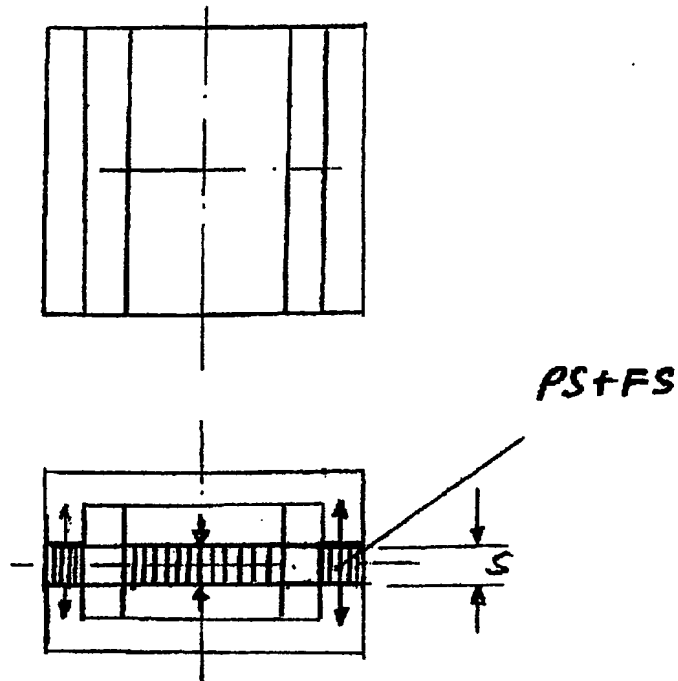


Fig. 21: Polschuh PS mit Flußleitstücke FS = longitudinal leitend

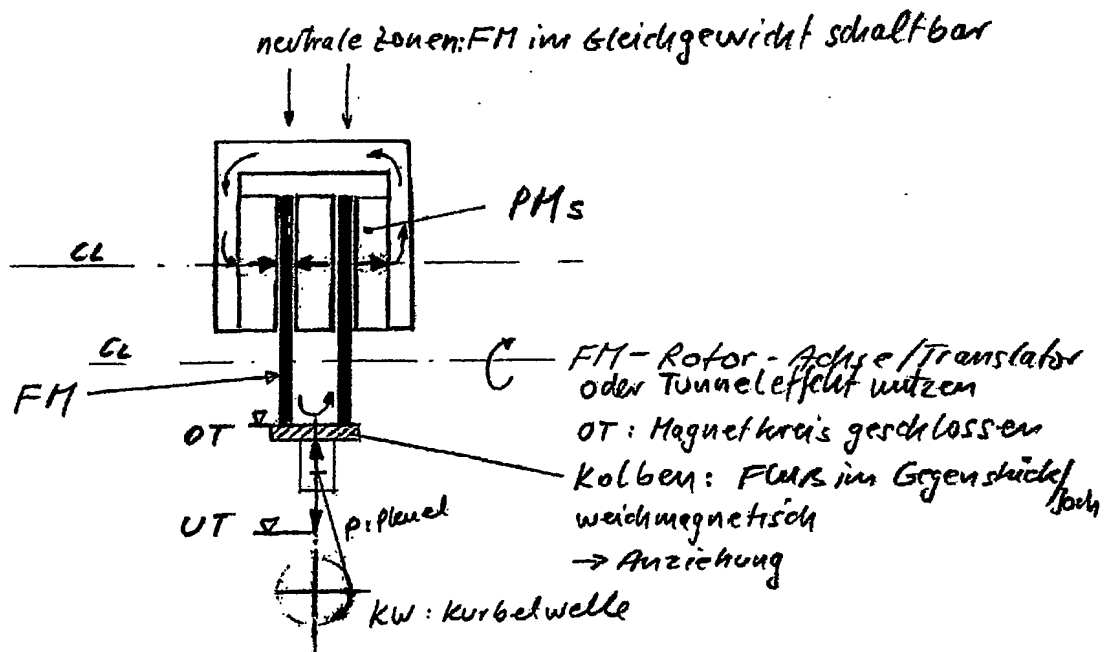


Fig. 22.1: Anziehung

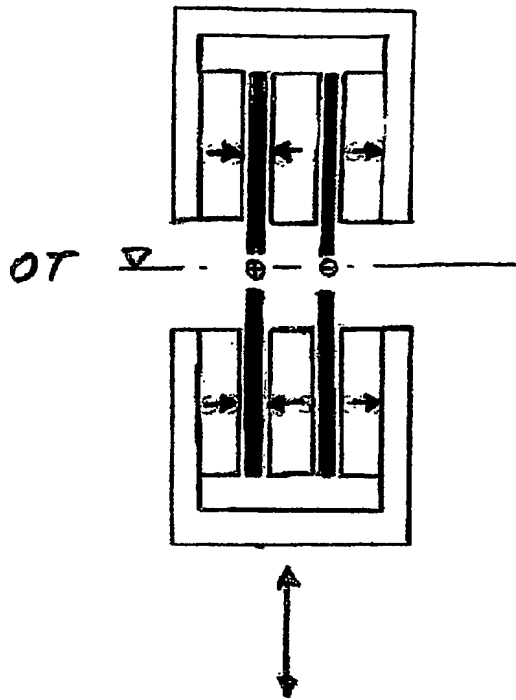


Fig. 22.2: Abstoßung mit 2 FM-Flußeitstücken

Lamellenstruktur wird dynamisch angepaßt in der Dicke s .

a) Abstoßung
überwiegt bei 0 Hz

b) Gleichgewicht
bei 0 Hz

c) Anziehung
überwiegt bei 0 Hz

Fig. 22.1-2: Anziehender Kolben und FMs im Magnetkreis mit Anziehung

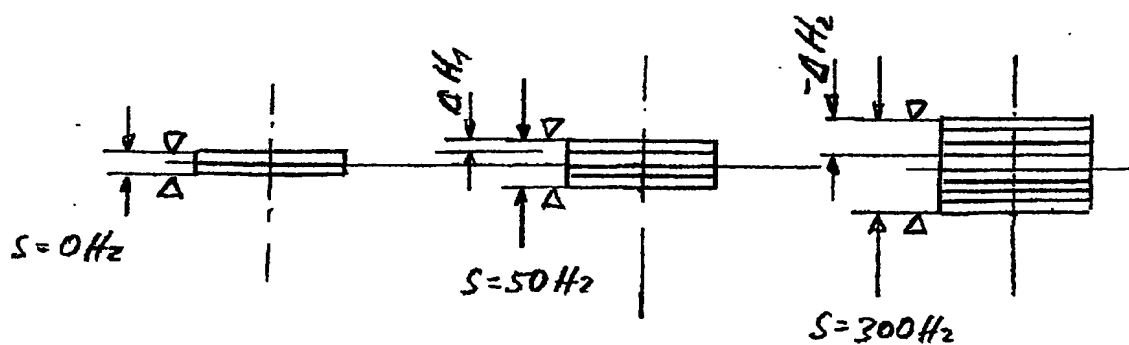


Fig. 23: Variable FM-Dicke

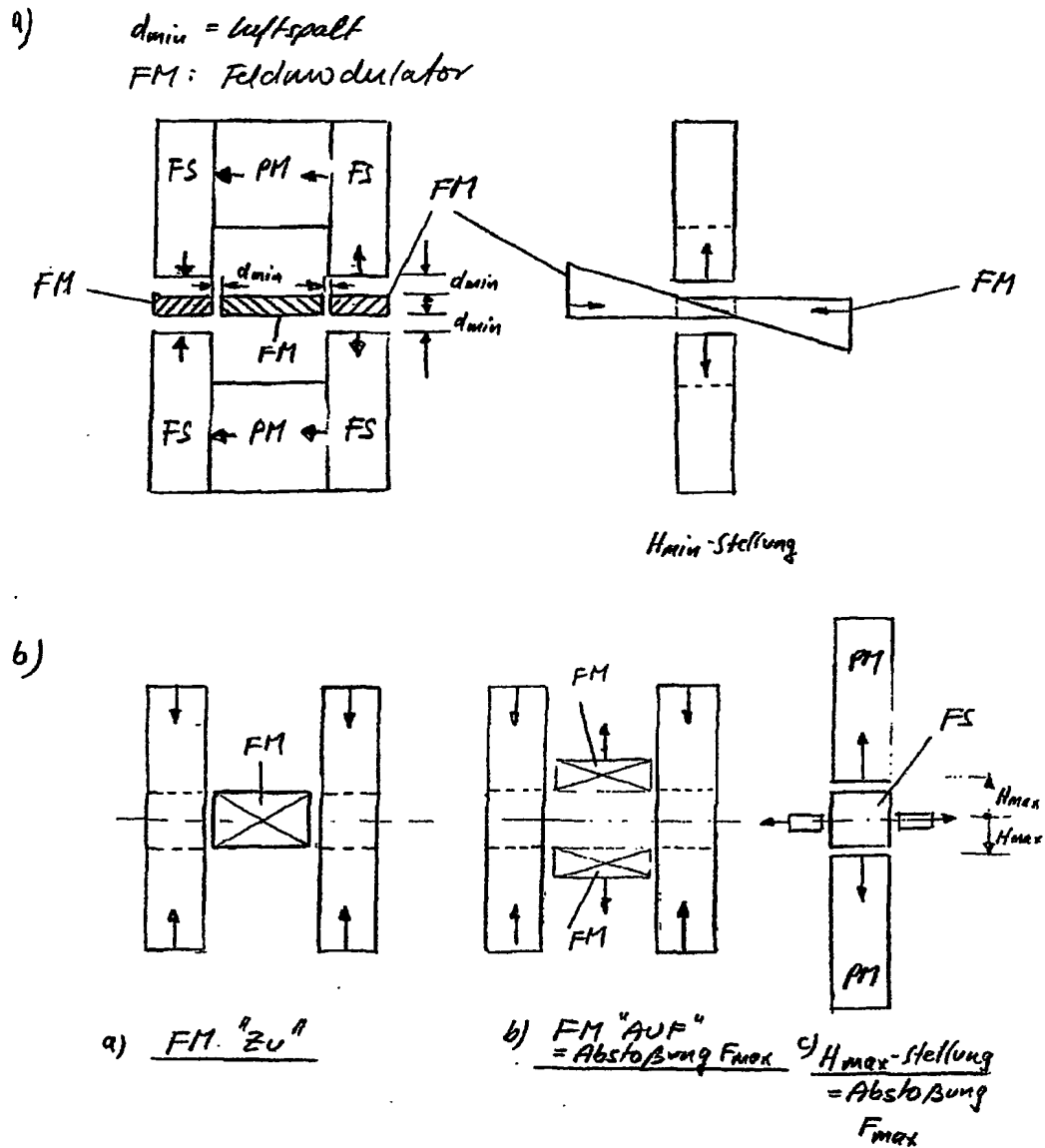
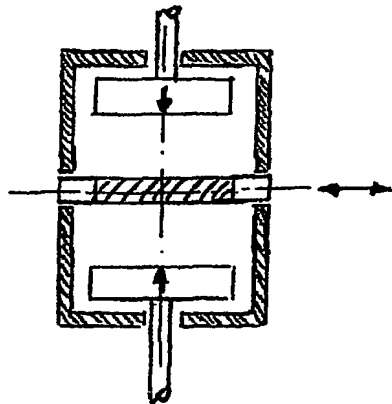
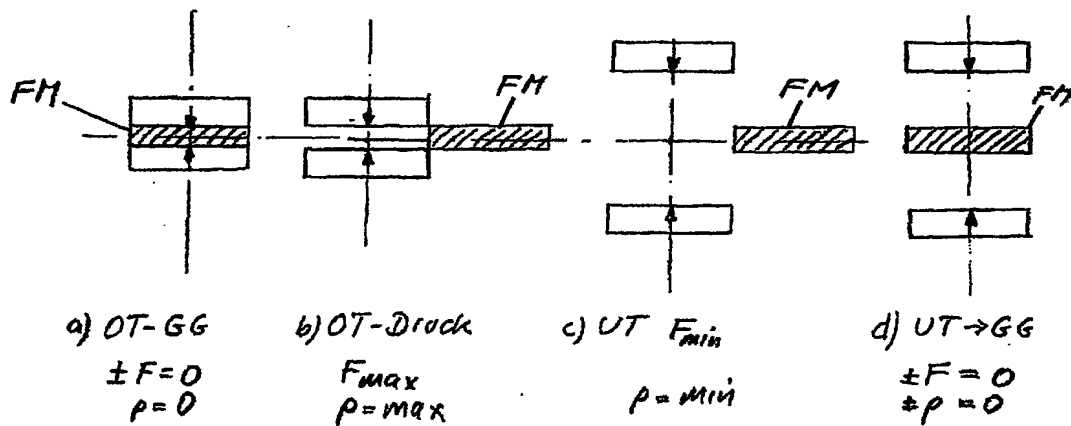
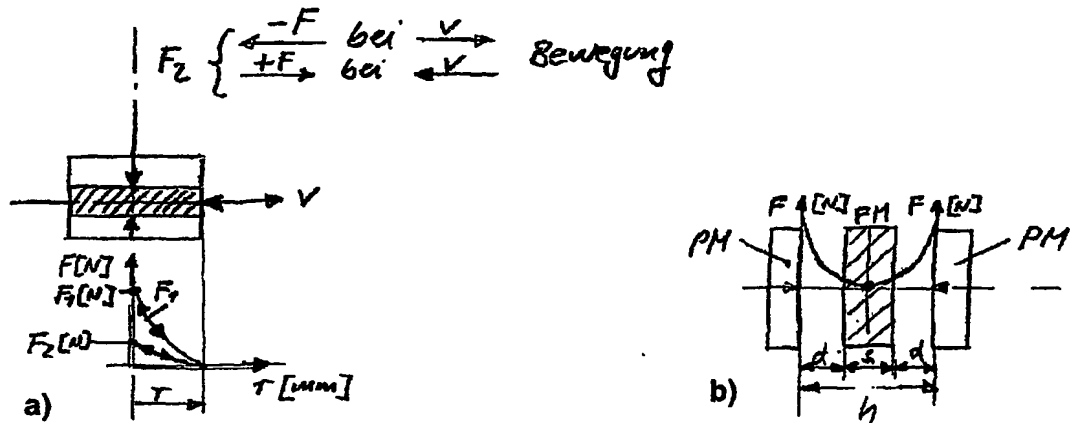


Fig. 24: Dynamische Nachführung der anziehenden Kraft bei $h_{\min} \rightarrow h_{\max}$.
Kontinuierliche Länge FM simultan zu Hub $h \rightarrow$ Luftspalt $d_{\min} = \text{konstant}$,
 $F = \text{konst.}$

PM Permanent-Magnet
PS Polschuh
FS Flußeitstücke



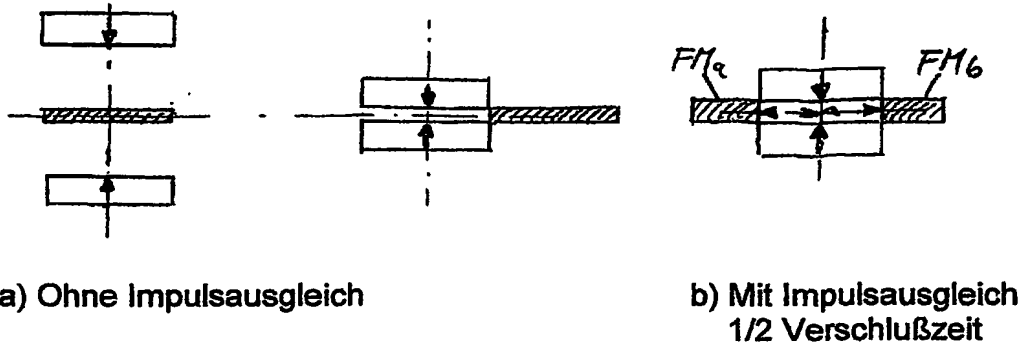


Fig. 28: Kinematischer Passiv-FM ohne Hilfsfelder

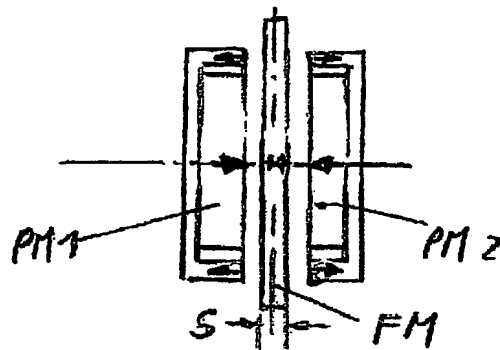


Fig. 29.1 a): PM-FM-PM- Basis-System Anziehung durch den PM's angepaßte Permeabilität im Arbeitspunkt A_3 der B-H-Kennlinie. Topf aus z.B. CoFe.

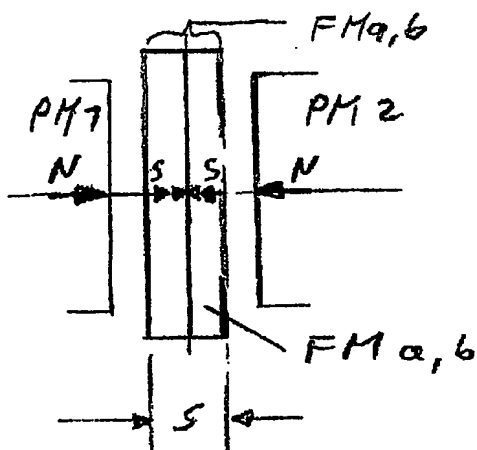


Fig. 29.1 b): Permanent-Magnet-FM: Anziehung verstärken $\rightarrow >F_1 \rightarrow <s$.
Ziel: Dicke s verkleinern.

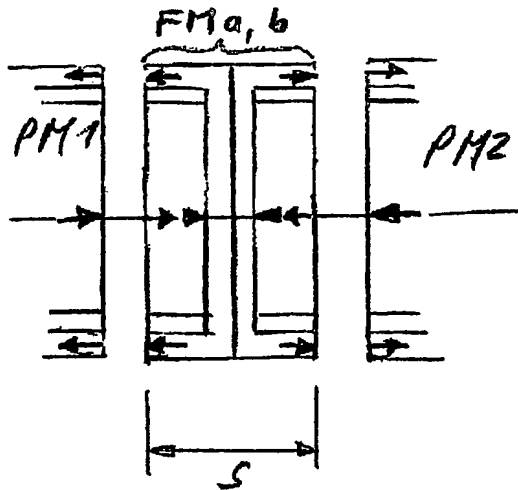


Fig. 29.1 c): Integrierter Topf-Permanent-Magnet-FM. Ziel: s verkleinern durch longitudinales Hilfsfeld, verstärkt durch Topf-Rückschluß.

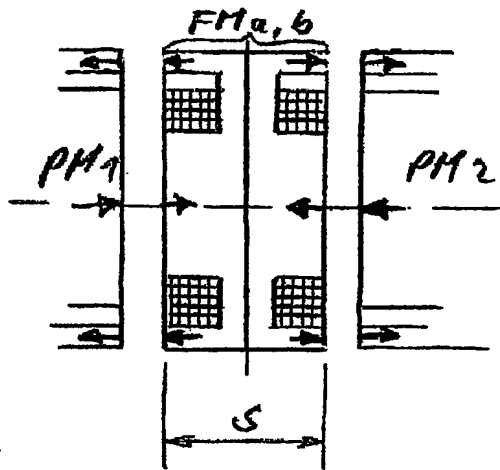


Fig. 29.1 d, Variante a): Integrierte Spule+verstärkenden Kern für dynamische Longitudinalfeld-Modulation.

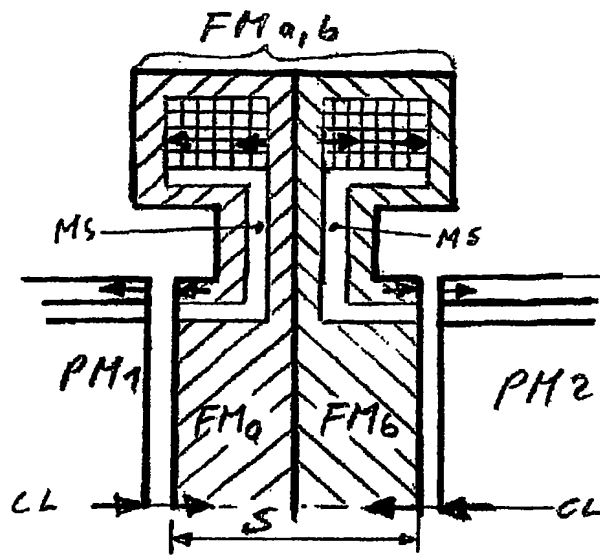


Fig. 29.1 e, Variante b): Äußeres Longitudinal-Magnetfeld

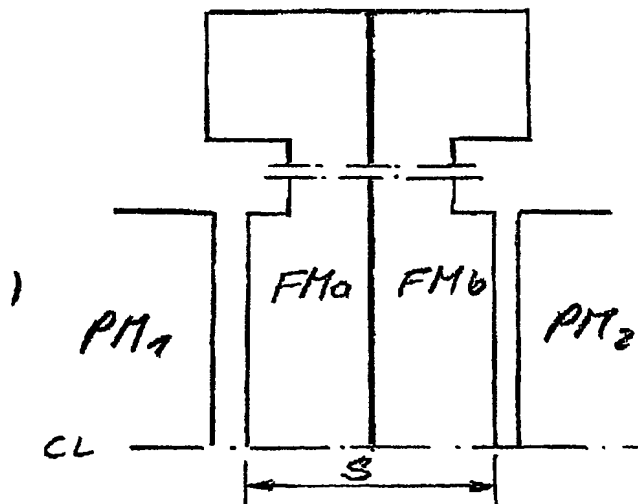


Fig. 29.1 f): Entkoppelter äußerer Longitudinalfeld-FM

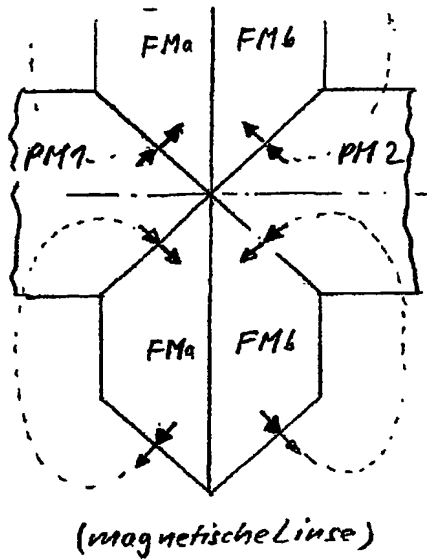


Fig. 29.2 a): 45°-Inline-FM

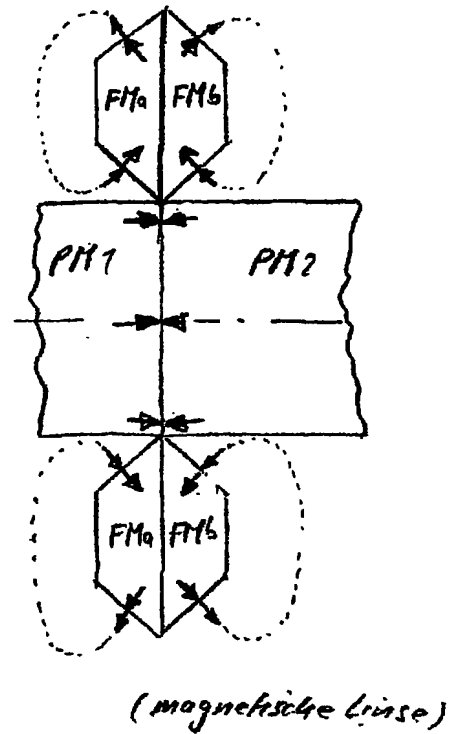


Fig. 29.2.b): 45°-Outline-FM

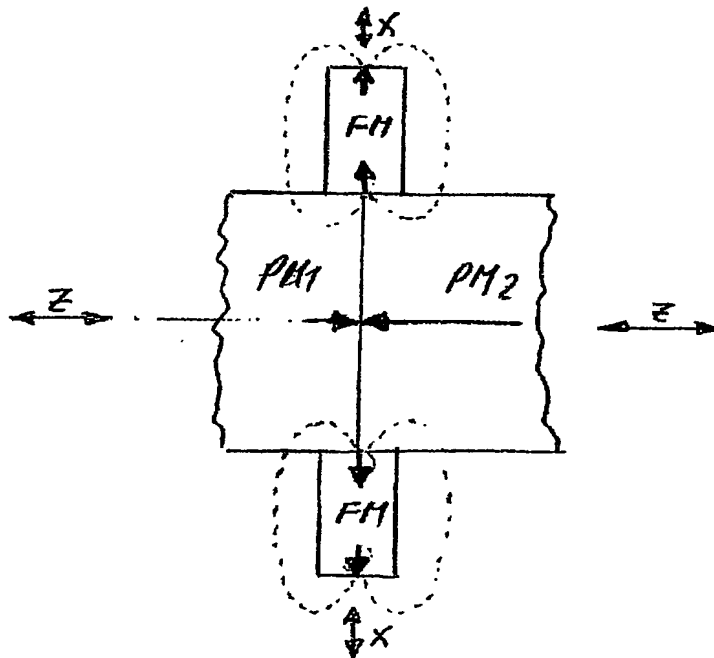


Fig. 29.2 c): Transversalfeld-Modulation quer zum Kanal

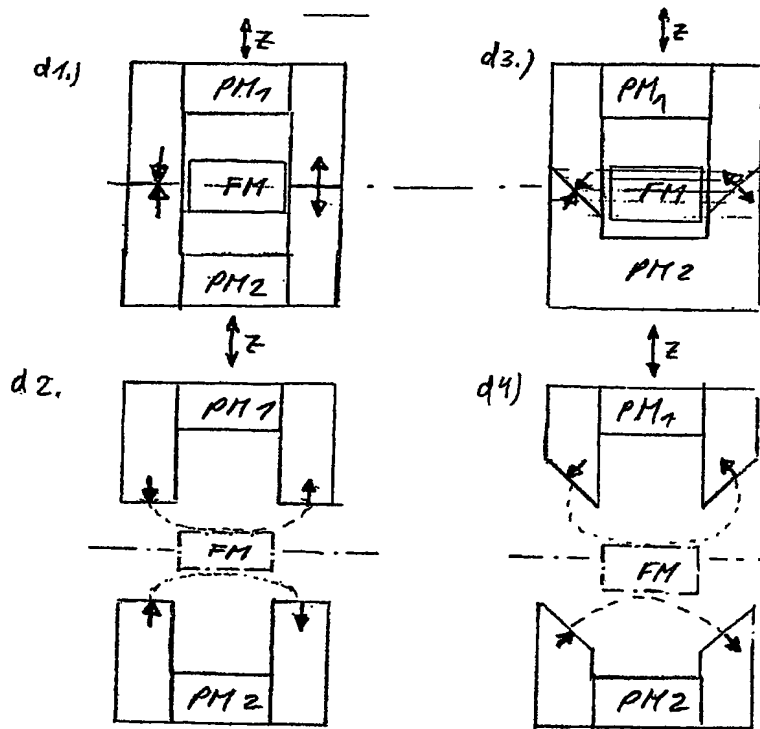


Fig. 29.2 d): Outline-FM mit U- oder Sandwich-Magnet. Modulation mit den genannten Varianten anstatt PM's.

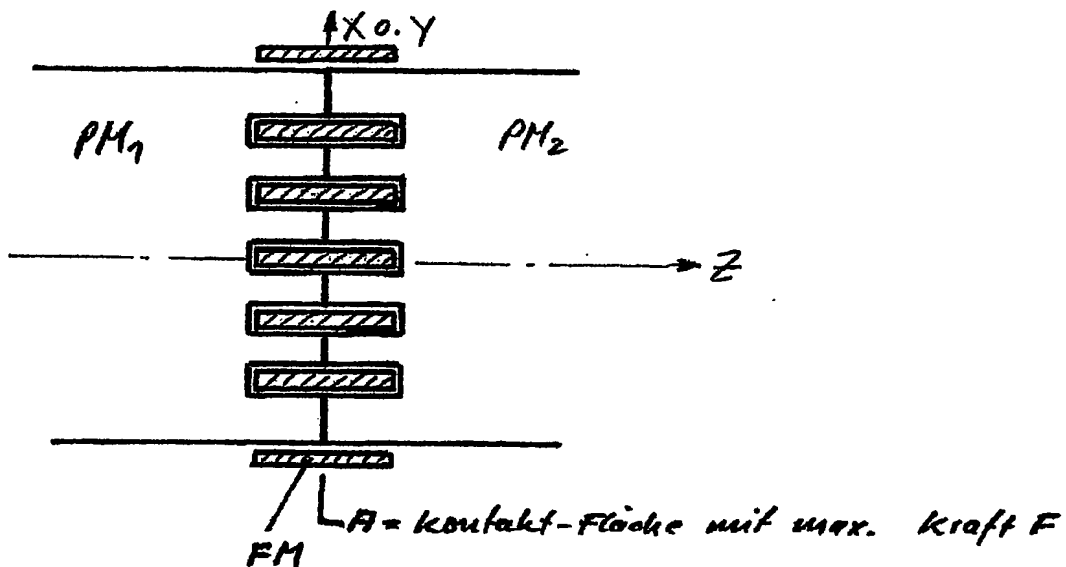


Fig. 29.2 e): Kamm-FM

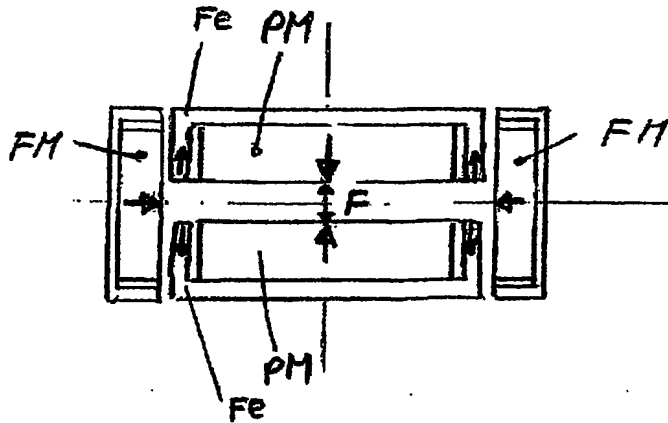
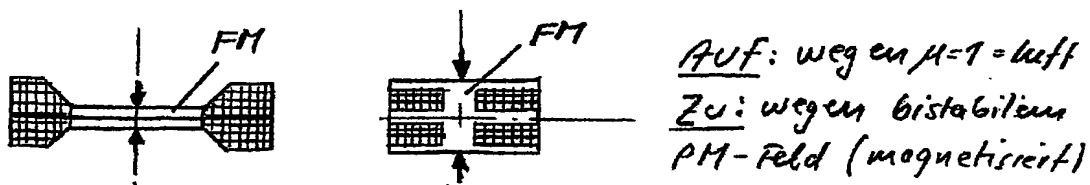


Fig. 29.2 f): Outline-FM: Aussen-Magnet-FM; Kanal wird durch Transversalfeld moduliert (Quadropol-System mit den alternativen passiven/aktiven Varianten).



a) Außenliegende Spulen
antiparallele Anziehung

b) Innenliegende Spulen
antiparallele Anziehung

Fig. 30: Actives FM mit kinematischer Bewegung und anziehende Hilfsfelder.

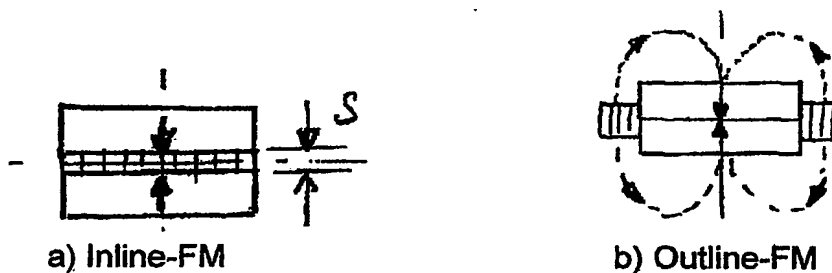
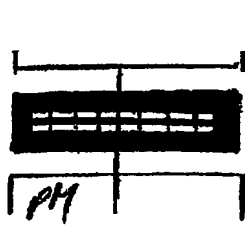
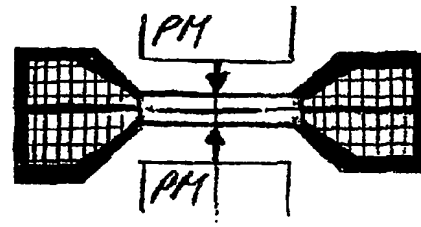


Fig. 31 a), b): Inline- und Outline-FM



a) Innenliegender Aktivator
Longitudinalfeld
2 entgegengesetzt wirkende
Innenspulen in 2 Töpfen



b) Außenliegender Aktivator
Longitudinalfeld wirkt wie magn. Linse
Feld wird konzentriert im FM

Fig. 32: An-/Abschalten oder variabler Ferro-/Ferrimagnetismus durch variable Flußdichte B.

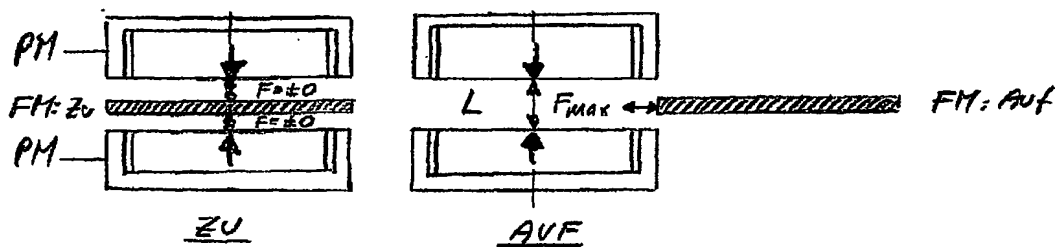


Fig. 33 a 1): Austausch FM im Gleichgewicht gegen longitudinale Luftspaltinduktion (magn. Flußdichte im Luftspalt).
Zu = PM-Feld gesperrt → Gleichgewicht. Auf = PM-Abstoßung.

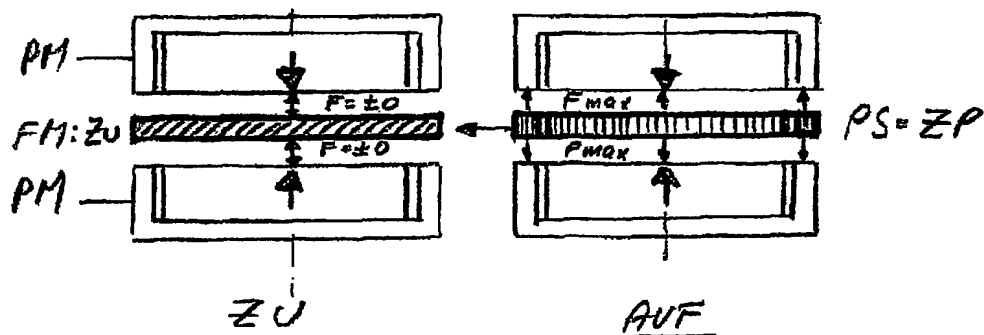


Fig. 33 a 2): Austausch FM im Gleichgewicht gegen *hohe* longitudinale Luftspaltinduktion (*hohe* magn. Flußdichte im Luftspalt) durch Polschuh PS = Zonenplatte ZP. Luftspaltverlust wird durch PS = ZP verhindert, der Fluß fließt nur longitudinal. PS ist ein Polschuh mit integrierten anisotropen Flußleitstücken.

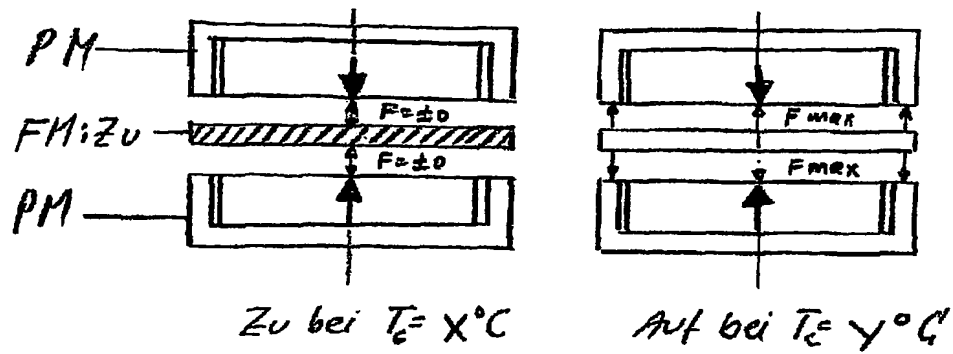


Fig. 33 b 1): Bistabiler / variabler T_c -Permeabilitätsschalter

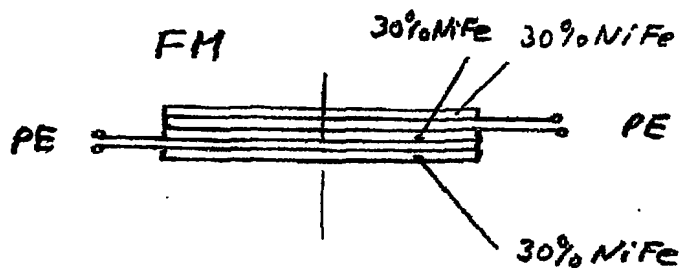


Fig. 33 b 2): Aufbau bistabiler / variabler T_c Permeabilitätsschalter

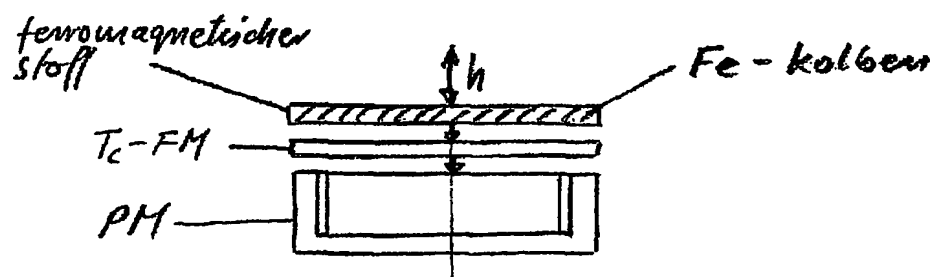


Fig. 33 b 3): FKG mit Anziehungs-Prinzip

PM Permanent-Magnet
 FM Feldmodulator
 FM Frequenzmodulator

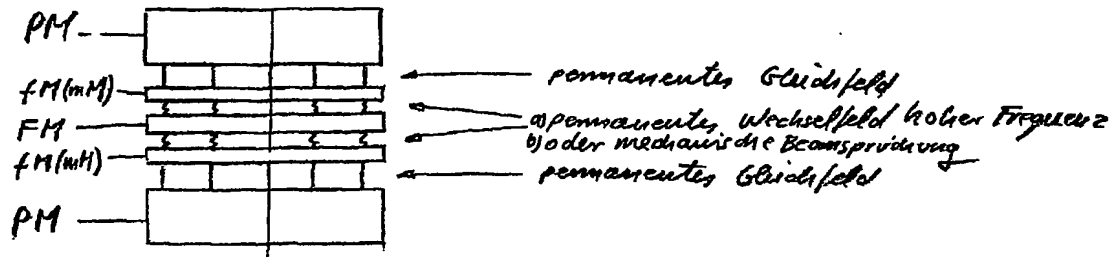


Fig. 33 c): Grenzfrequenz-Schalter

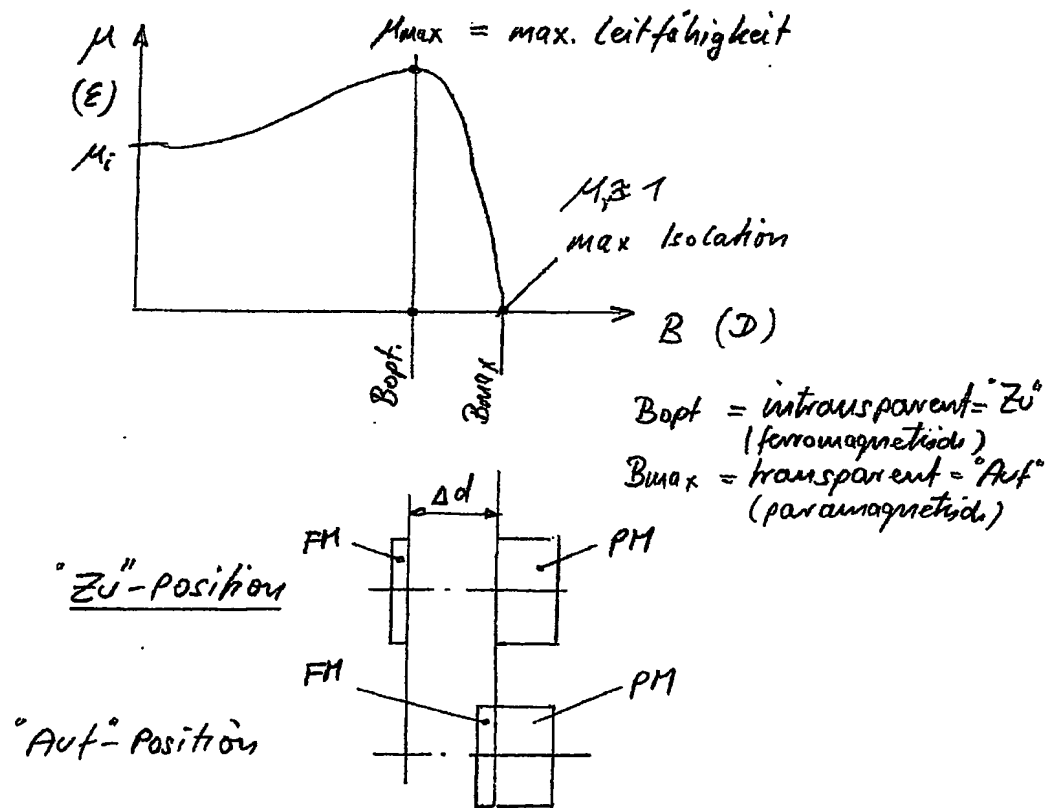


Fig. 34: Permeabilität-Flußdichte FM: Schaltung durch Abstand Δd von PM-Oberfläche zu FM-Oberfläche. Anwendbar für magnetisches μ -B oder elektrisches ϵ -D Feld

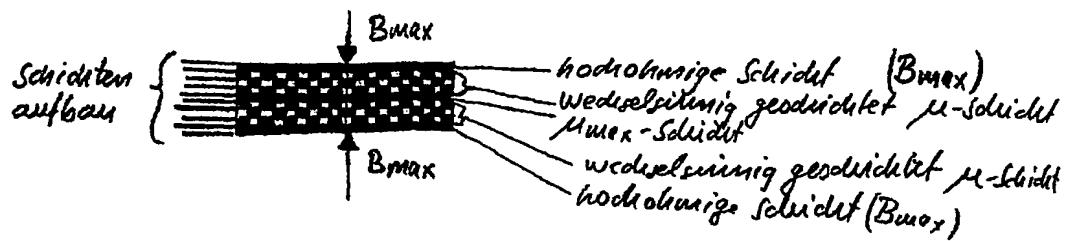


Fig. 35: FM mit wechelsinnig in longitudinaler Richtung geschichteten Lamellenblechen (Schichtenaufbau) mit integrierten Schlitzen/Spalten gegen Wirbelströme + Spinrelaxation.

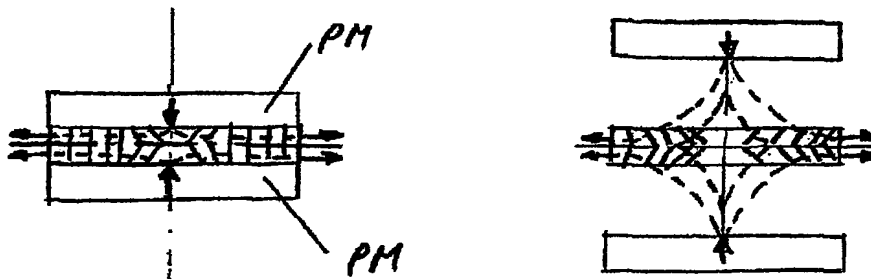


Fig. 36: Dynamische Orientierung der Trennfugen senkrecht zum momentan-inhomogenen Feldvektor.

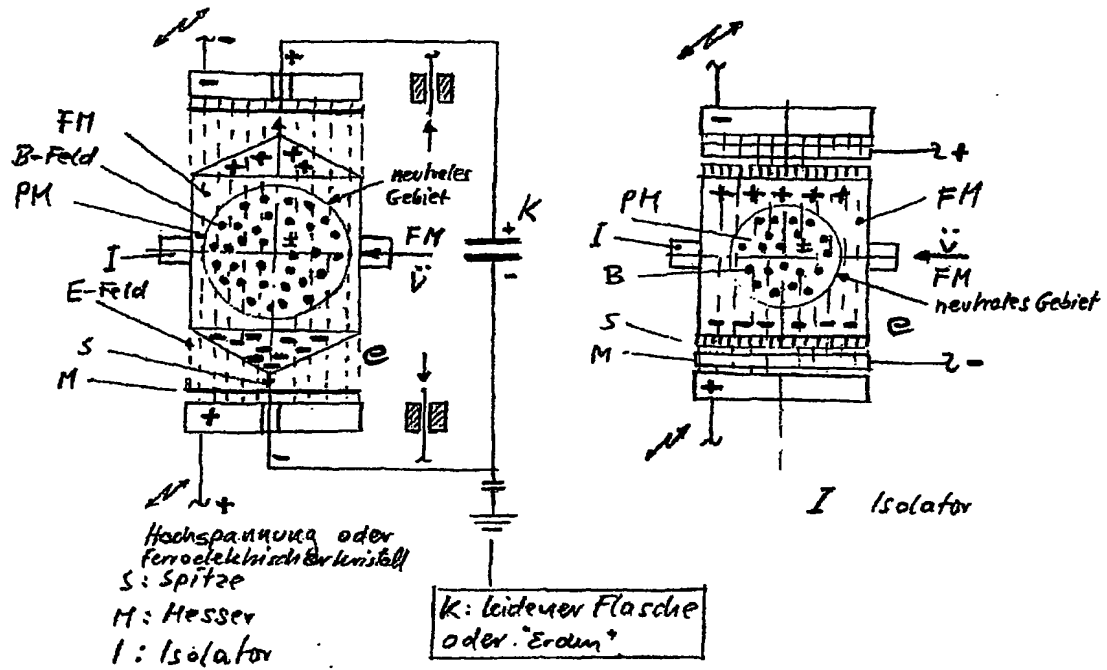
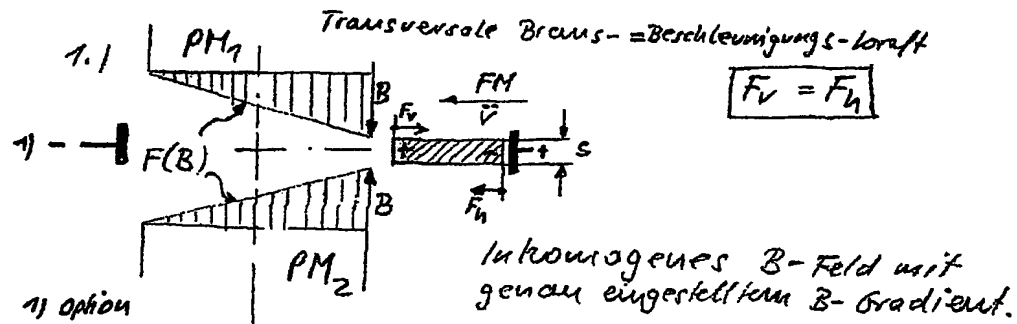
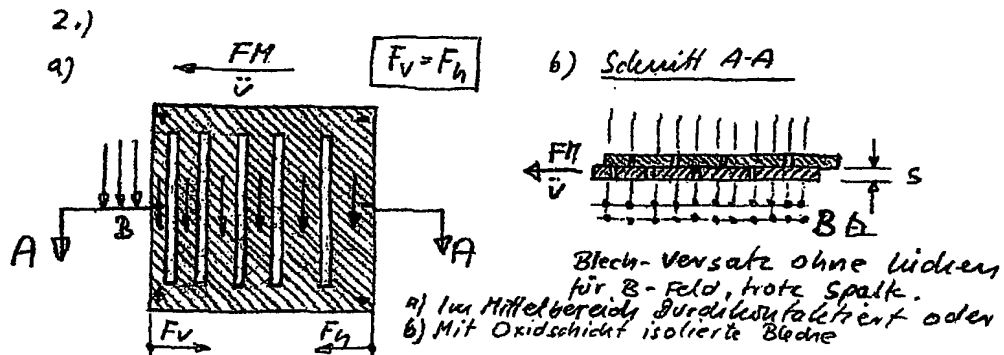


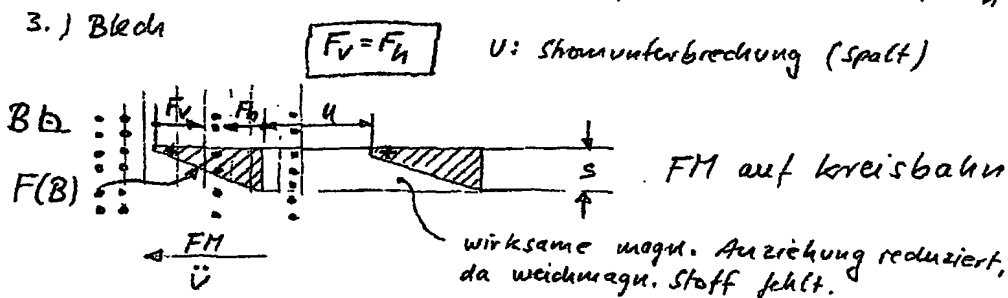
Fig. 37: Elektrisches Anti-Wirbelstrom-Prinzip. FM kinematisch oder stationär



Induktion B vorn kleiner als hinten \rightarrow Lorentz-Kraft im Gleichgewicht (Bremsung / Beschleunigung)



Asymmetrische Leiter und Unterbrechungen \rightarrow vordere Lorentz-Bremskraft klein, hinten groß $\rightarrow F_v = F_h$



Asymmetrischer Leiter im B-Feld

\rightarrow Volumen- / Dickenänderung \rightarrow Wirbelstromänderung

\rightarrow Kraftänderung \rightarrow Rotation des FM nicht Oszillation (wegen asymm. Profil)

Fig. 38: Mechanisch-elektrisches Anti-Wirbelstrom-Prinzip für kinematischen FM

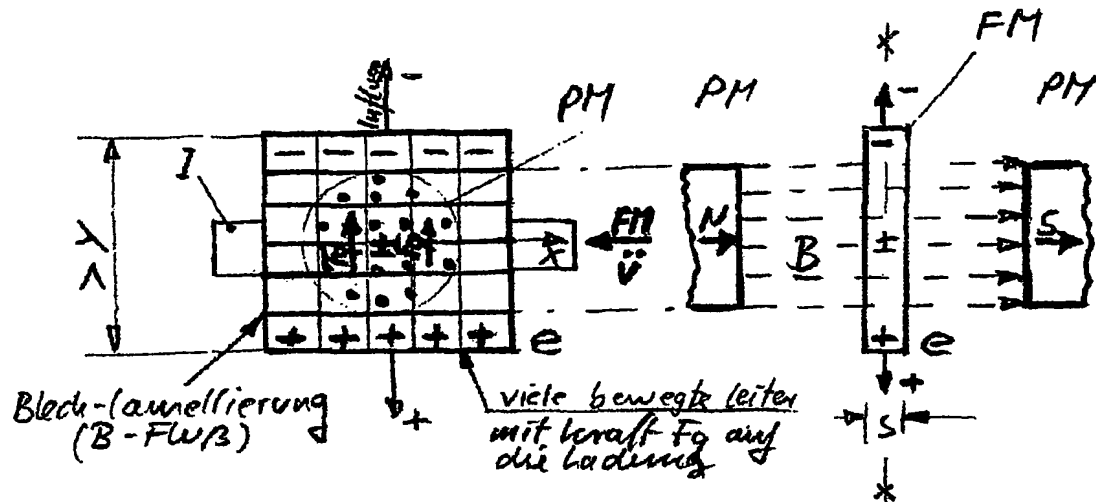


Fig. 39: Magnetisches Anti-Wirbelstrom-Prinzip

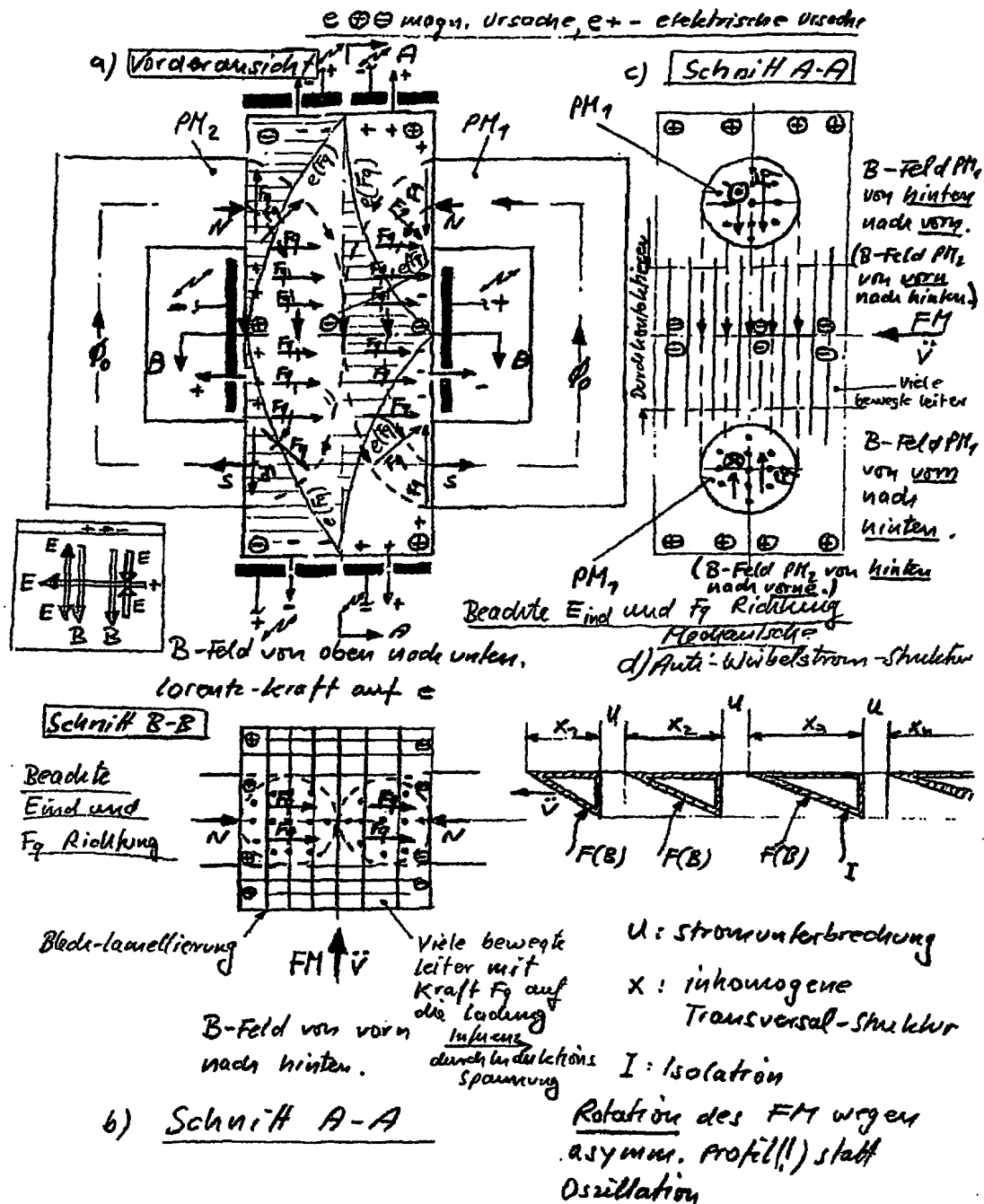


Fig. 40: Influenz B- & E-Feld gleichgerichtet orientiert

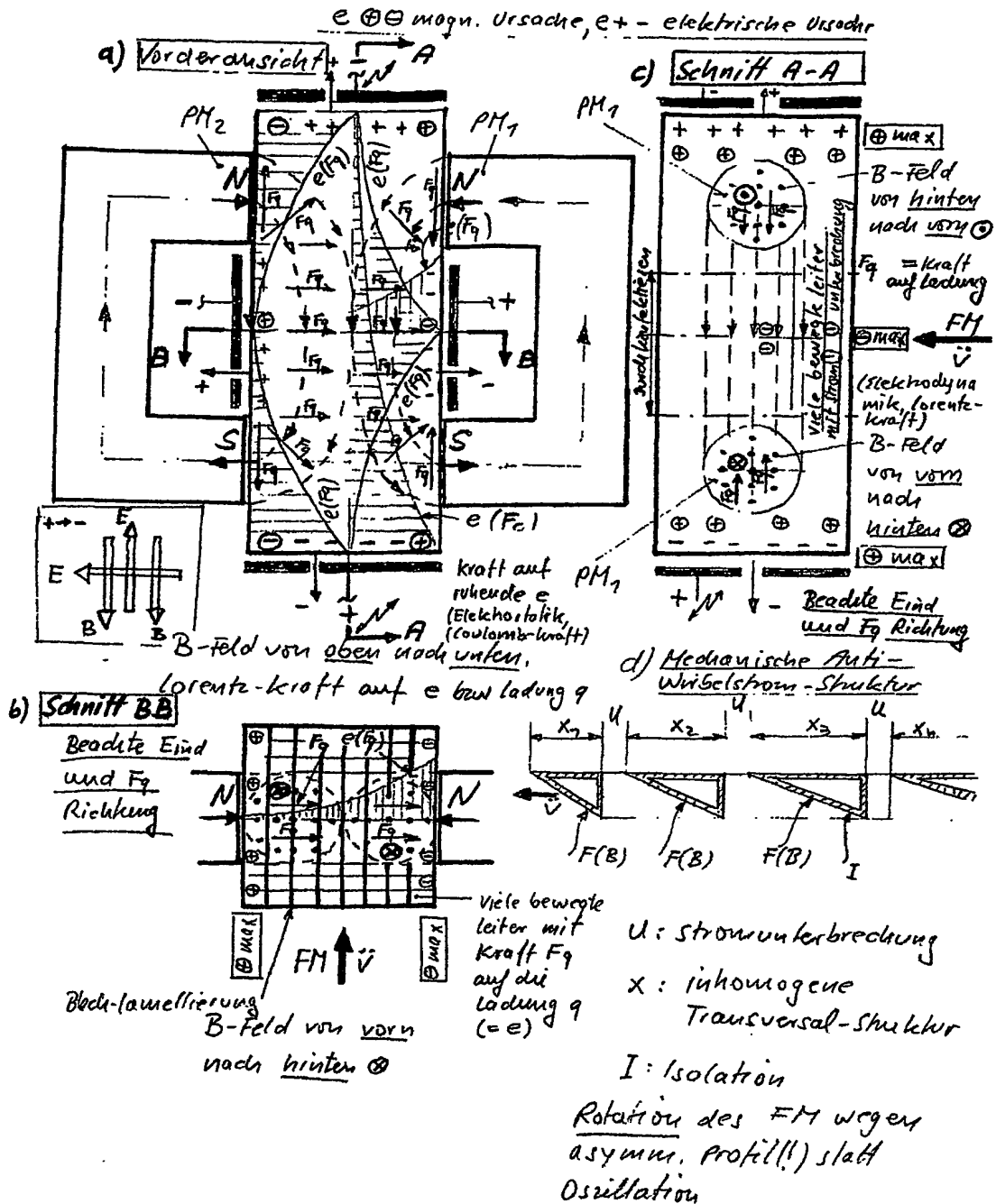


Fig. 41: Influenz B- & E-Feld *gekreuzt* orientiert

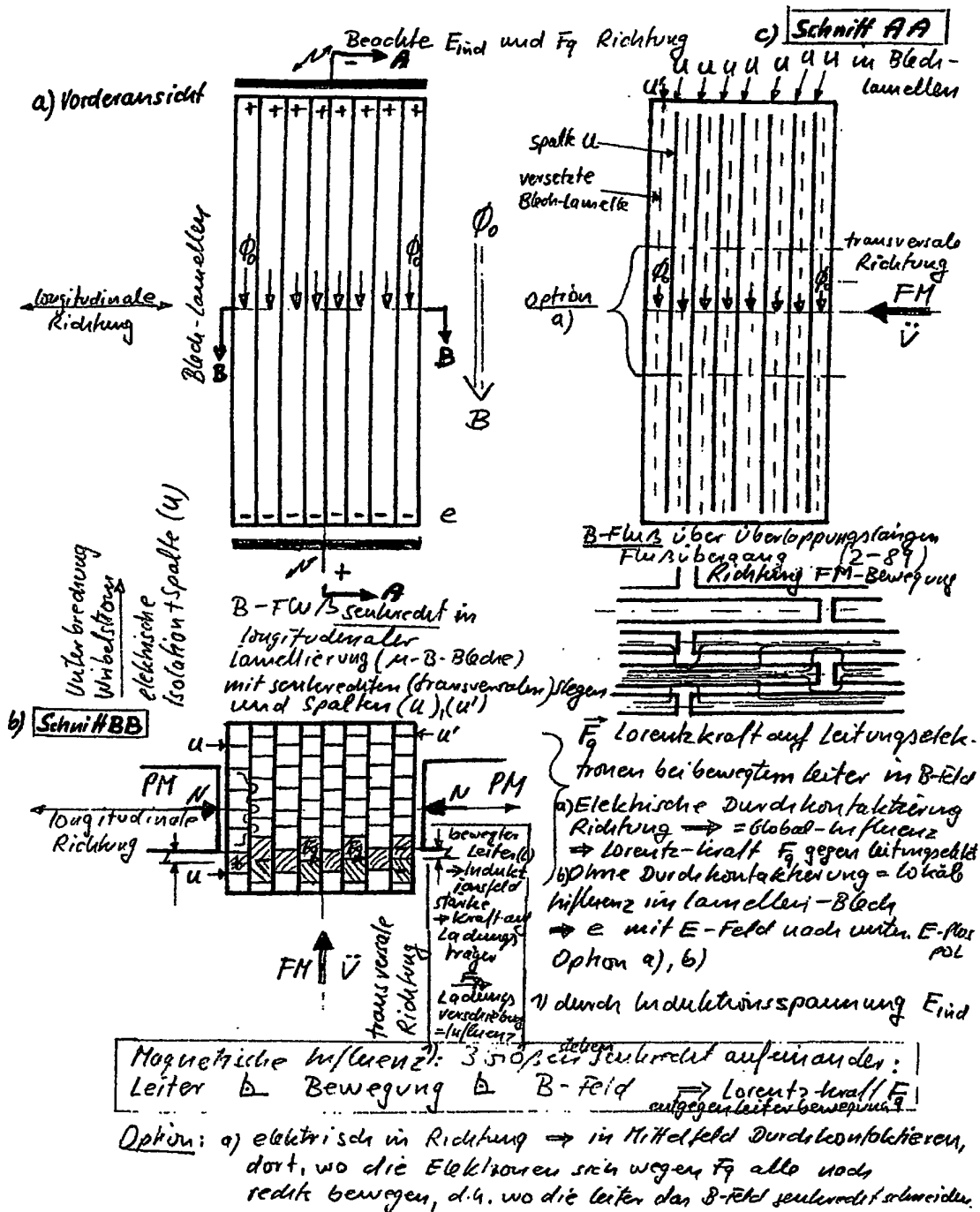


Fig. 42: Blech-Lamellierung senkrecht zum Elektron- (e) bzw. Ladung- (q) Fluß im Leiter

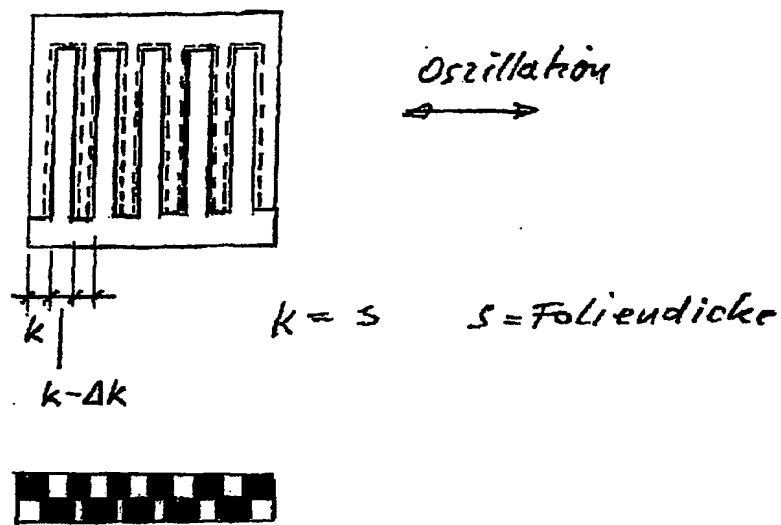


Fig. 43: Longitudinale Blechlamellen mit integrierten transversalen Spalten.

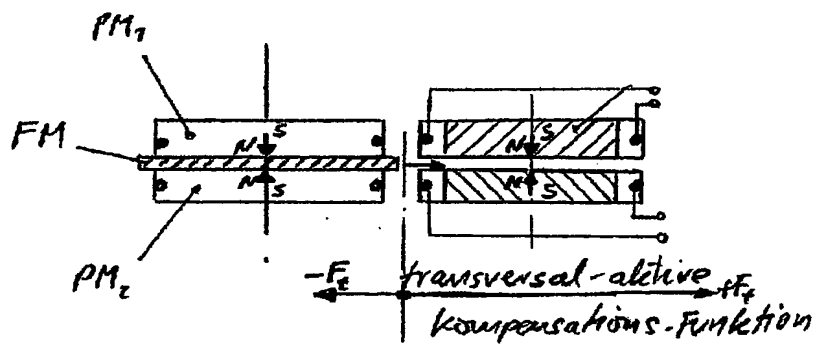


Fig. 44: Arbeits-PM Kompensations-Spule (dynamische Anpassung) M-Verstärker

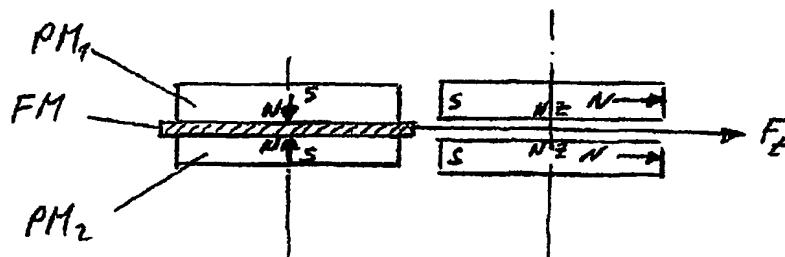


Fig. 45: Transversalfeld-Spalten-Kompensator

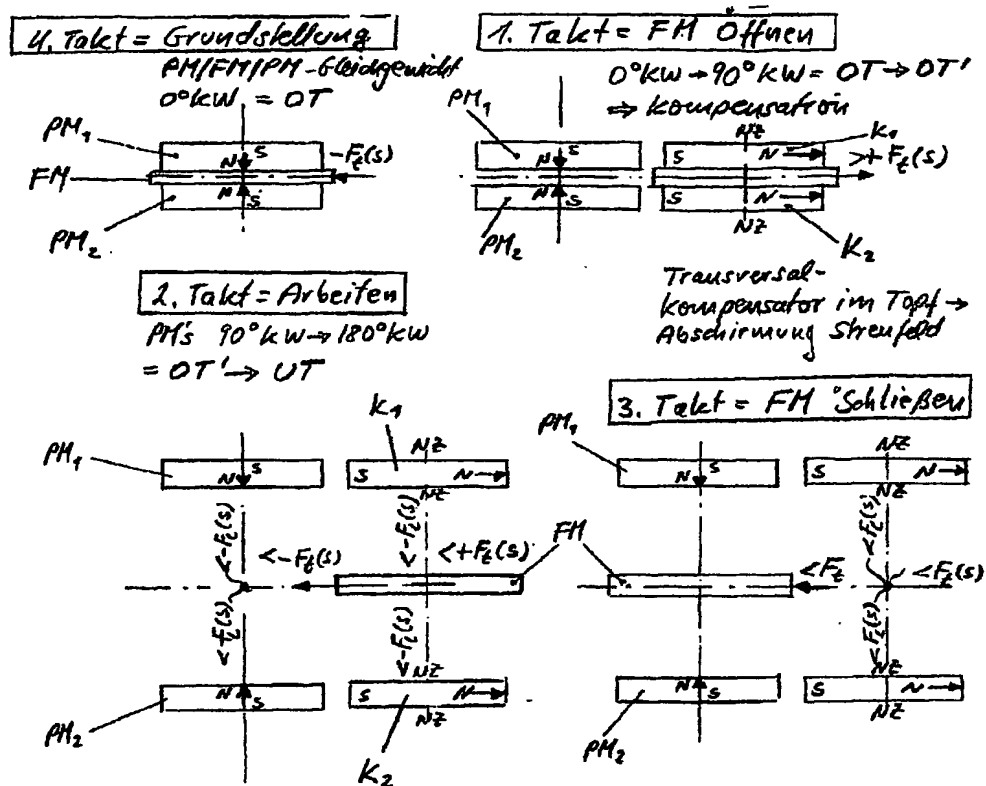


Fig. 46: Instationär-passive Kompensation von $-F_t(s) = -W_t$

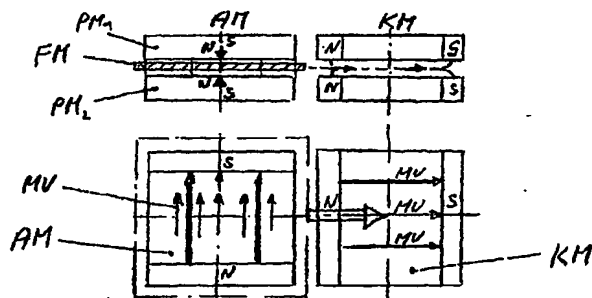


Fig. 47: 1. Takt FM öffnen

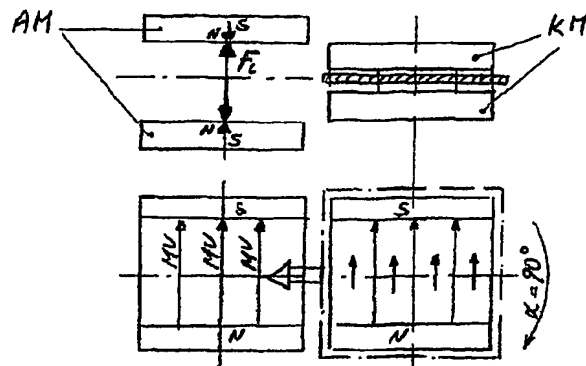


Fig. 48: 2.Takt (Arbeitstakt) \rightarrow Kompensator Rotation $\alpha=90^\circ$

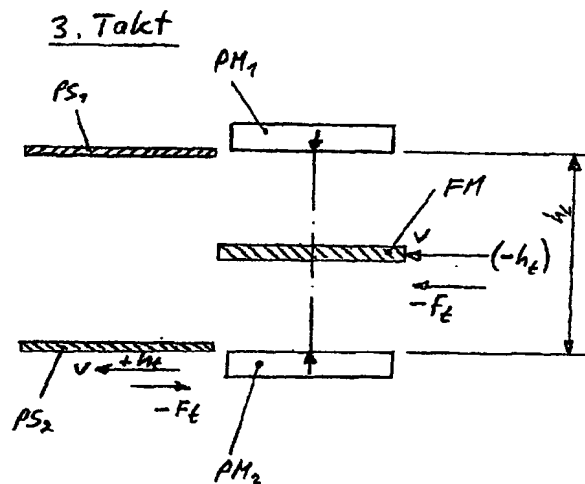
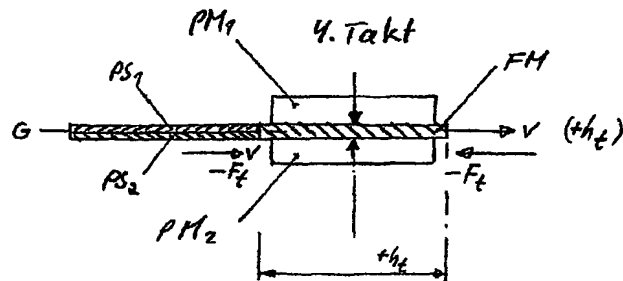


Fig. 49: Variante D: Kompensation der Polschuhe (PS) in verschiedenen Takten.

PM Permanent-Magnet
 PS Polschuhe
 KM Kompensations-Magnet

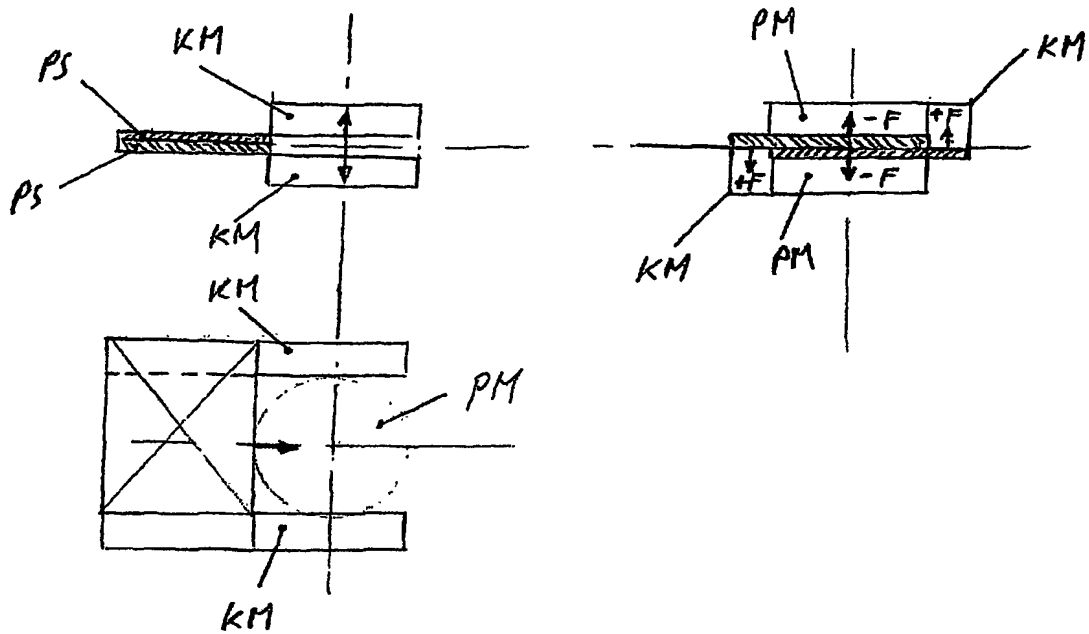


Fig. 50: PS Longitudinalkraft-Kompensation

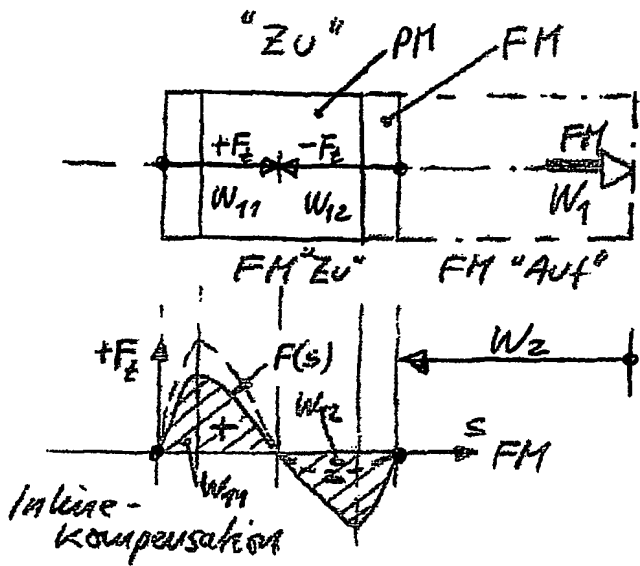


Fig. 51: Im Potentialfeld, serielle Kompensation

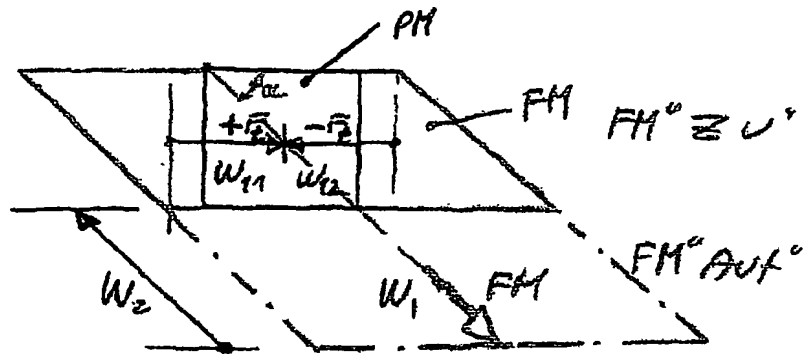
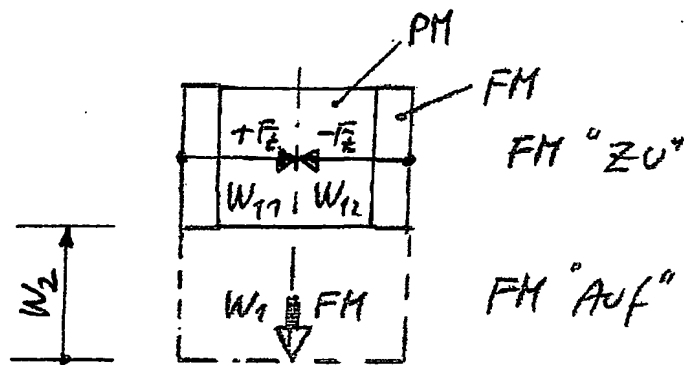
Fig. 52: Simultan-Kompensation $\alpha = 45^\circ$ 

Fig. 53: Auf Äquipotentialfläche

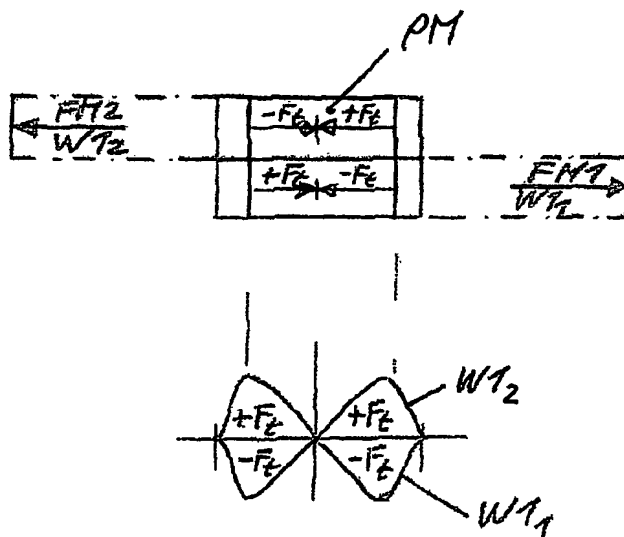


Fig. 54: Auf Äquipotentialfläche

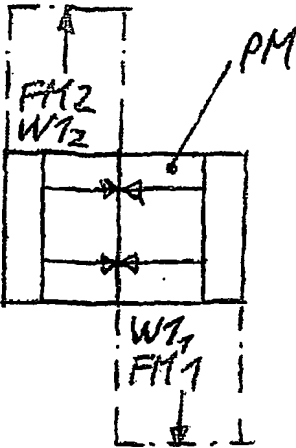


Fig. 55: Auf Äquipotentialfläche

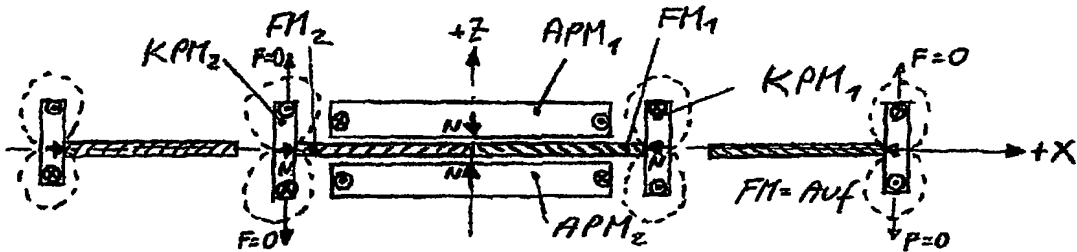


Fig. 56: FM's in symmetrischer Anordnung

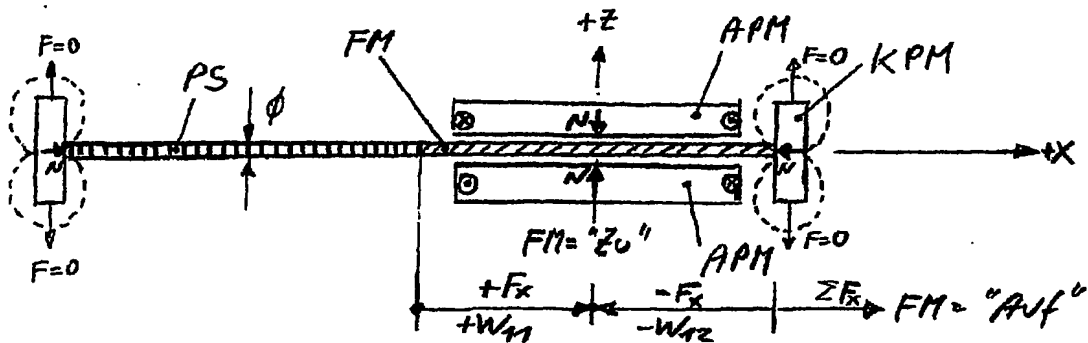


Fig. 57: Ein FM mit gekoppeltem PS

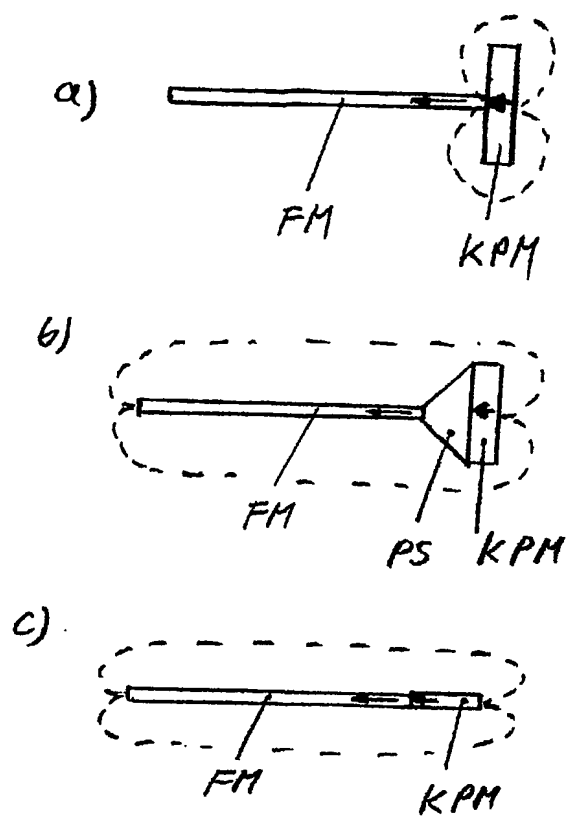


Fig. 58: KPM-FM-Anschluß

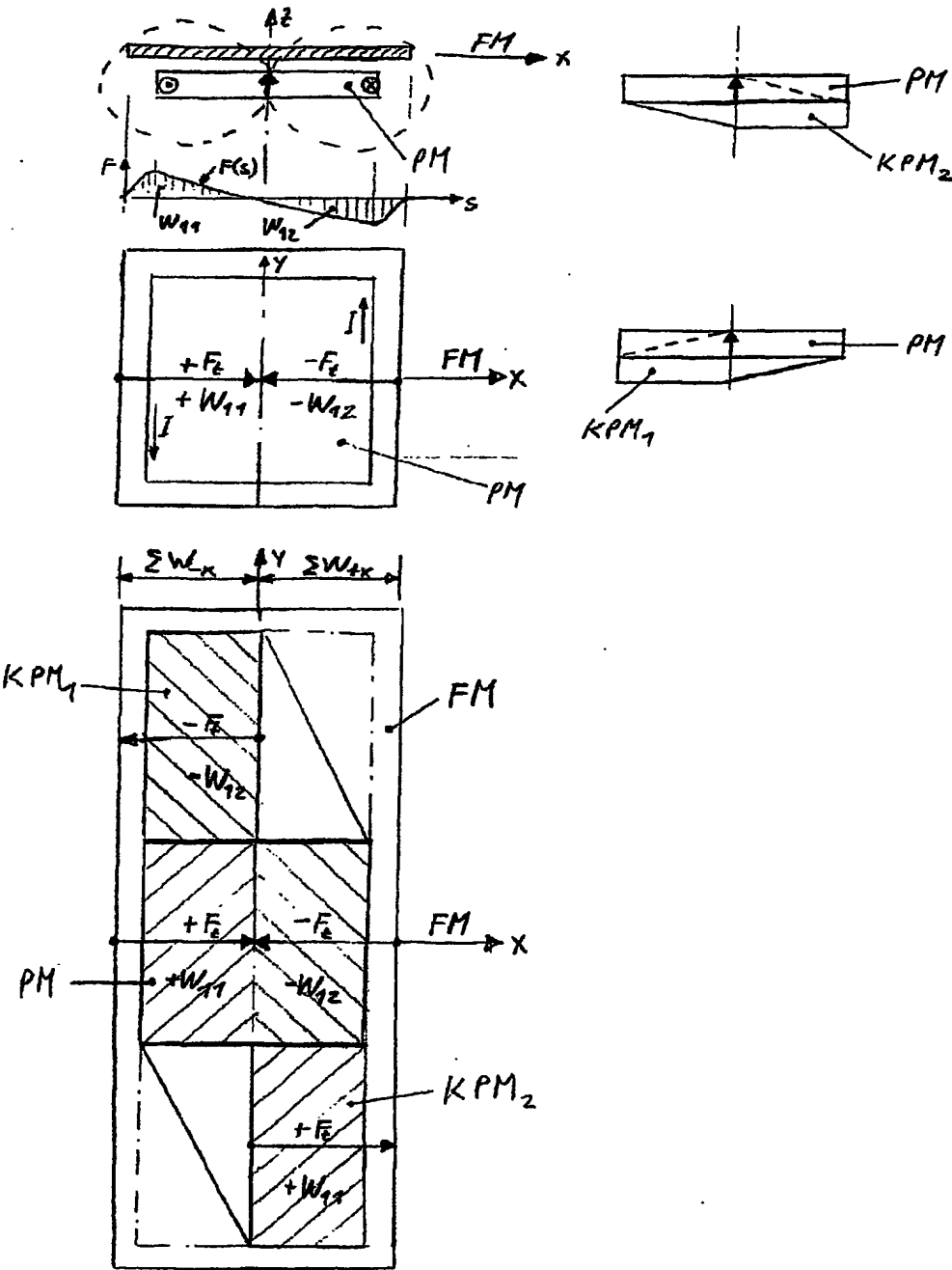


Fig. 59: Flach-PM mit versetzten Polschuhen

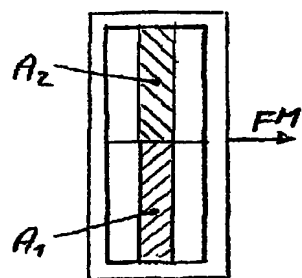
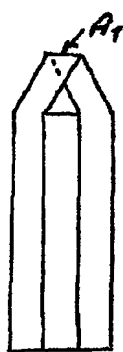
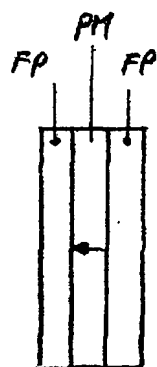
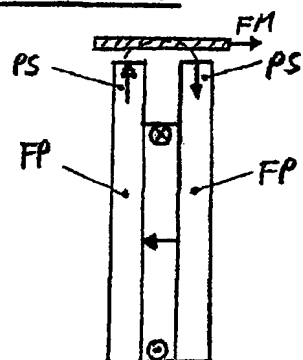
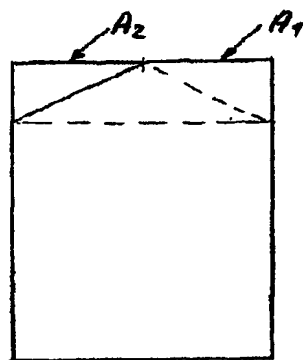
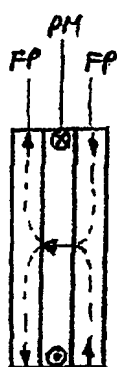
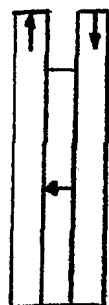
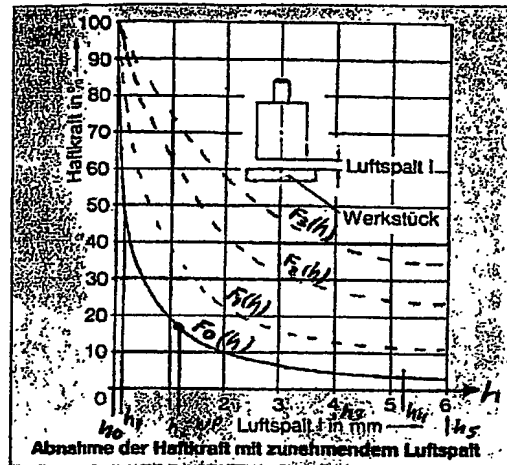
PM Fall A:PM Fall B:

Fig. 60: Sandwich-PM mit versetzten Polschuhen

**Fig. 61: Haftkräfte**

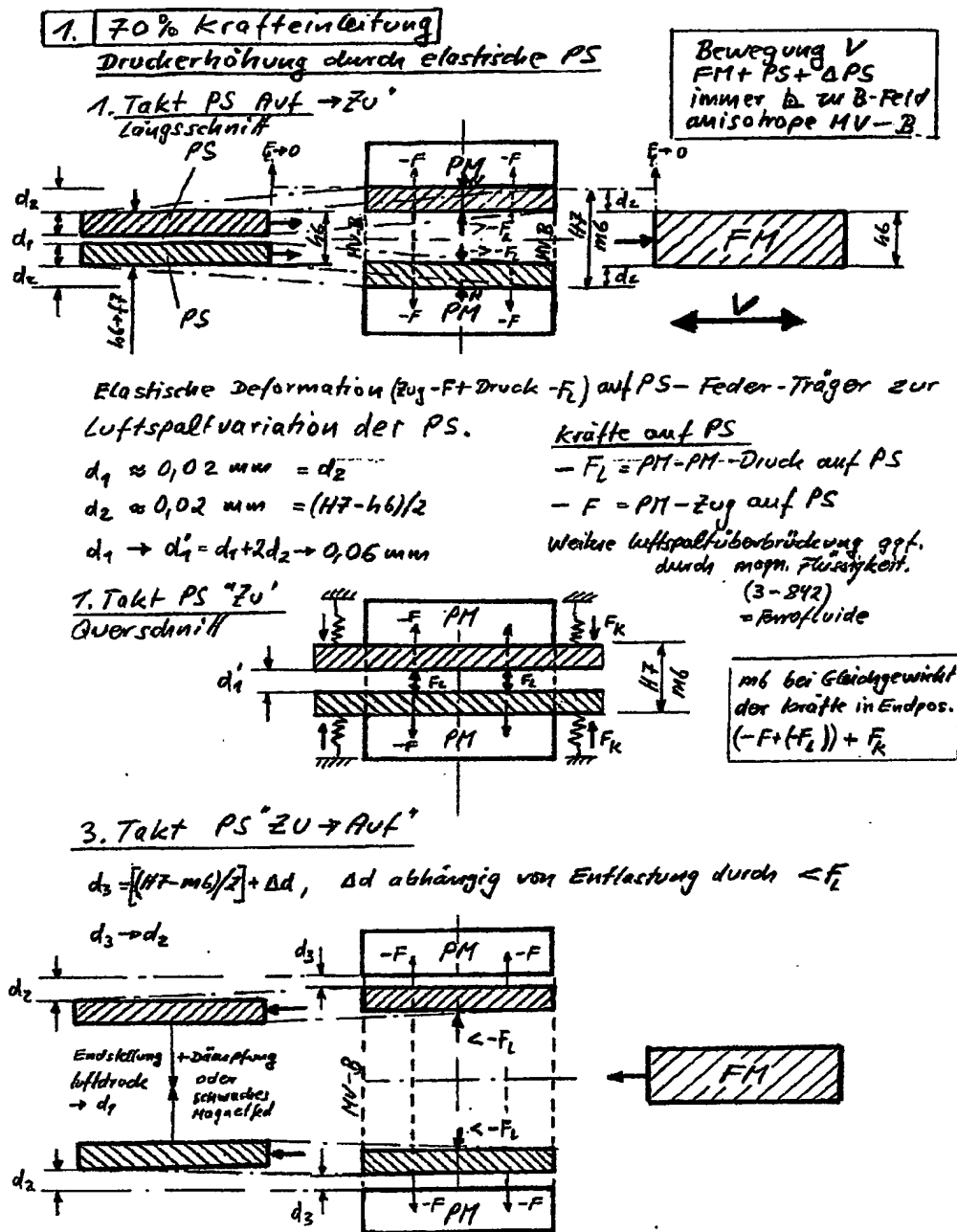


Fig. 62: Elastische PS

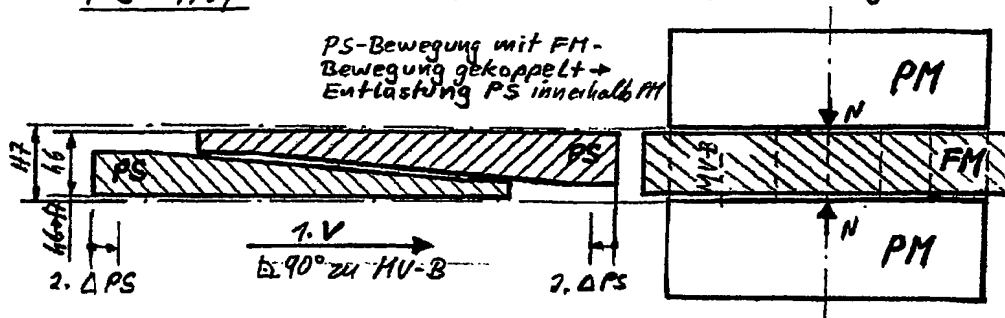
2. 100% Krafteinleitung Keil-Formschluß

1. Takt

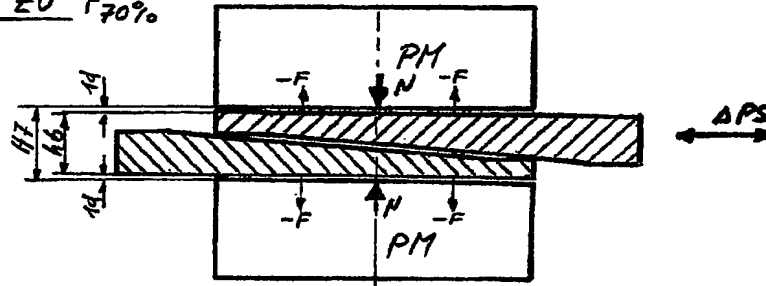
Bewegung V $FM+PS+\Delta PS$ immer
 zu anisotropem B-Feld (MV-B)
 MV: magnetische Vorzugsrichtung

PS 'Auf'

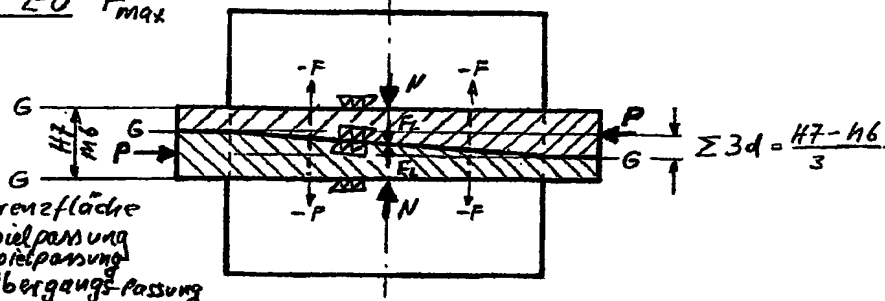
PS-Bewegung mit FM-
 Bewegung gekoppelt →
 Entlastung PS innerhalb PM



PS 'zu' $F_{70\%}$



PS 'zu' F_{max}



G Grenzfläche
 h6 Spielpassung
 f7 Spielpassung
 m6 Übergangspassung

P Piezo-Stellglied: $F_L = 100\%$, ΔT , Δh

- f7

±0 h6

+ m6 → $F_L = 100\%$

Fig. 63: Keil-Formschluß

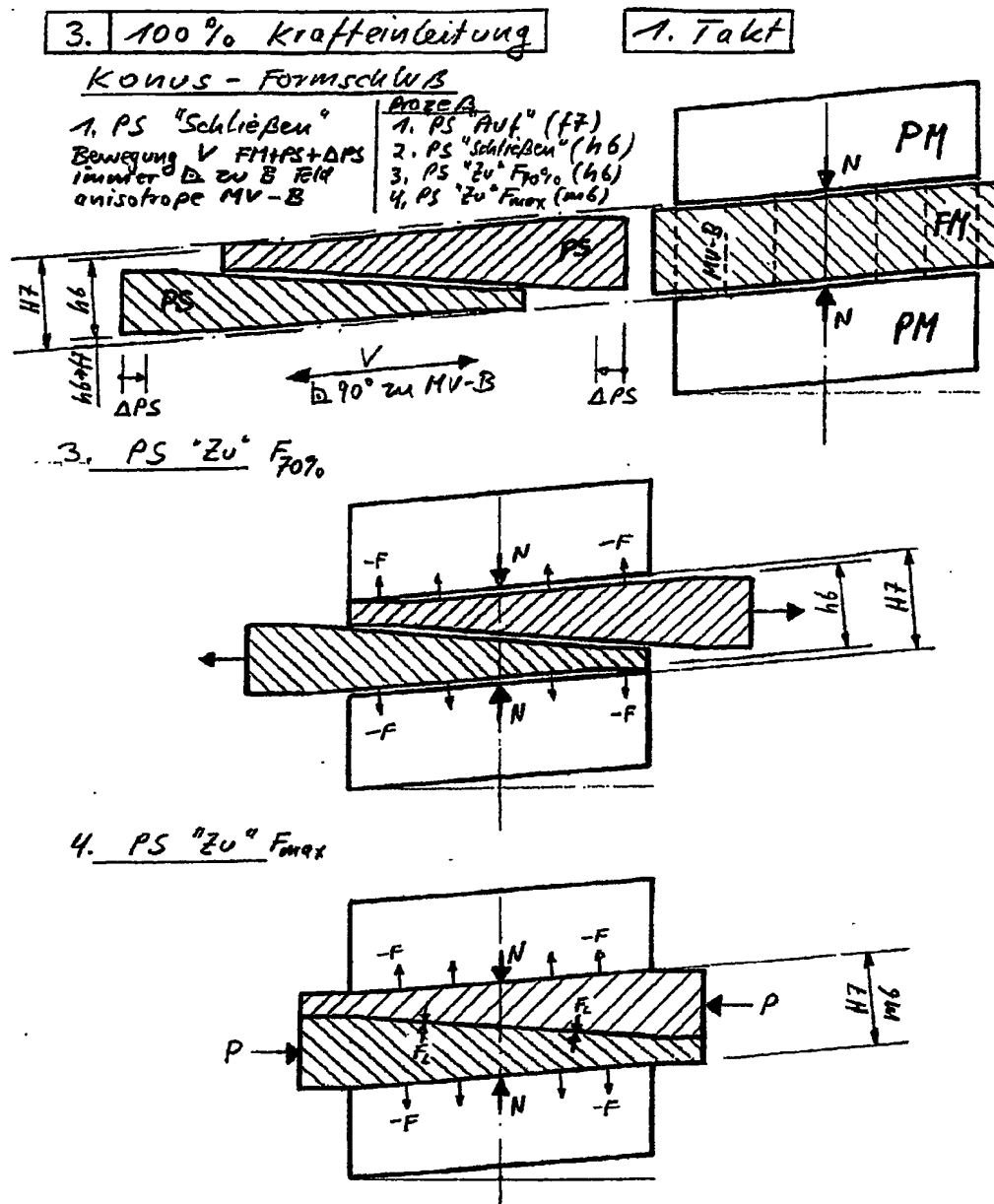


Fig. 64: Konus-Formschluß

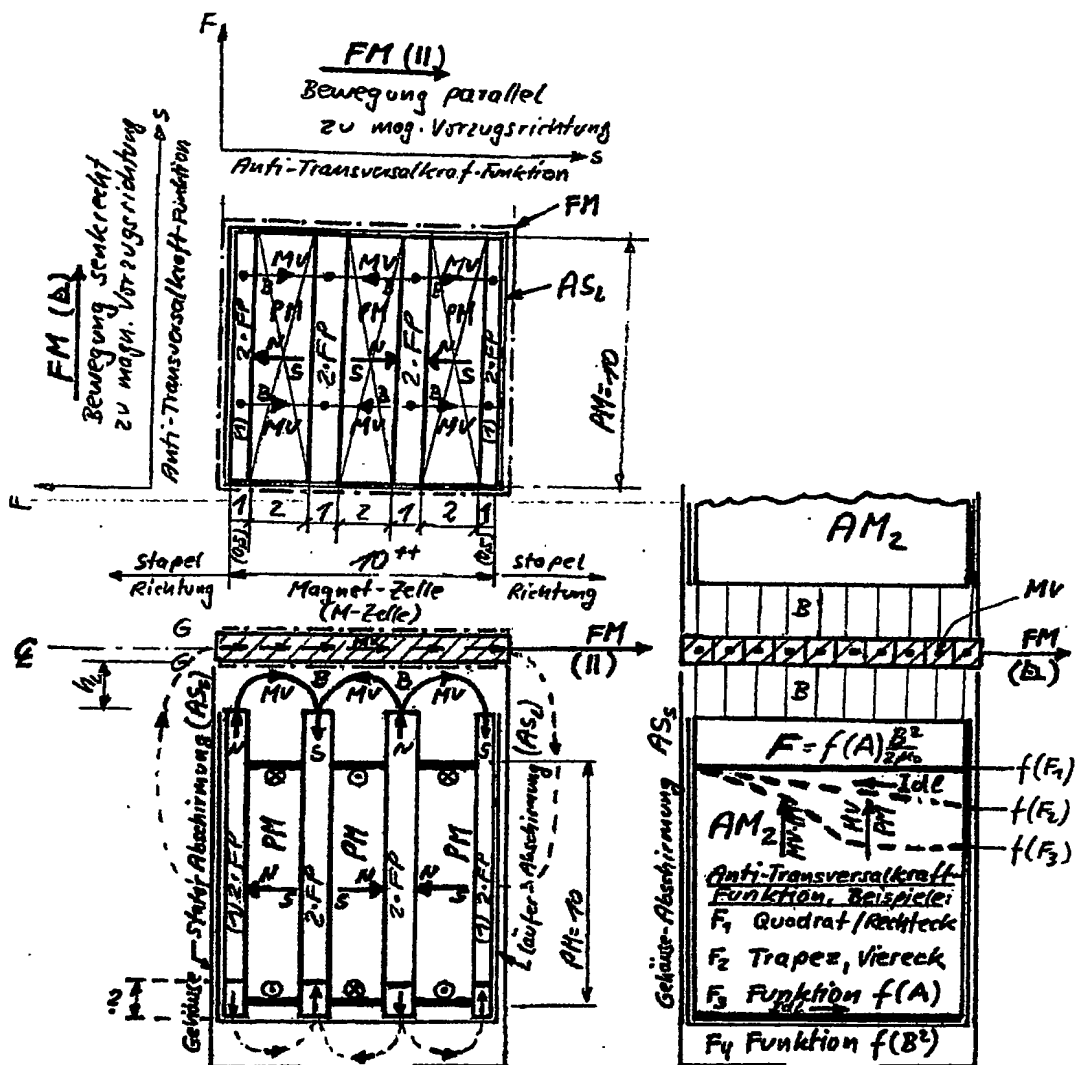


Fig. 65: Sandwich-System "Power-Cell"

Anti-Transversalkraft-Kompensator Prinzipien (Fig. 66.1-3)

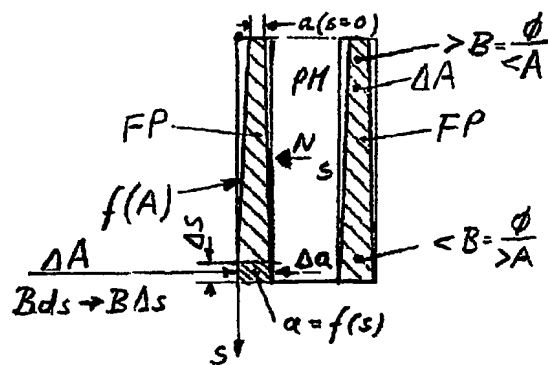


Fig. 66.1a

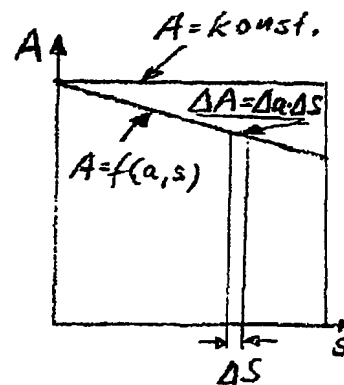


Fig. 66.1b

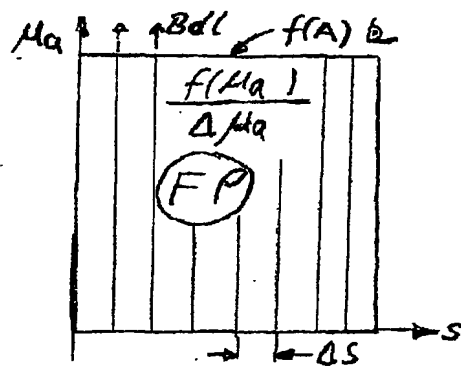


Fig. 66.2

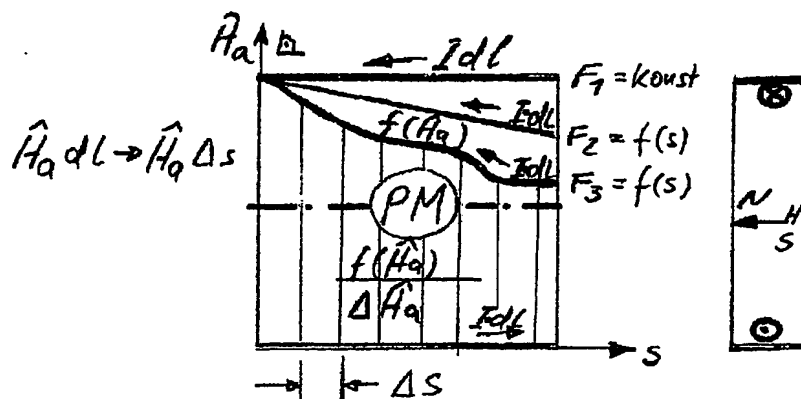


Fig. 66.3: PM-Feldstärke-Funktion $f(\hat{H}_a)$

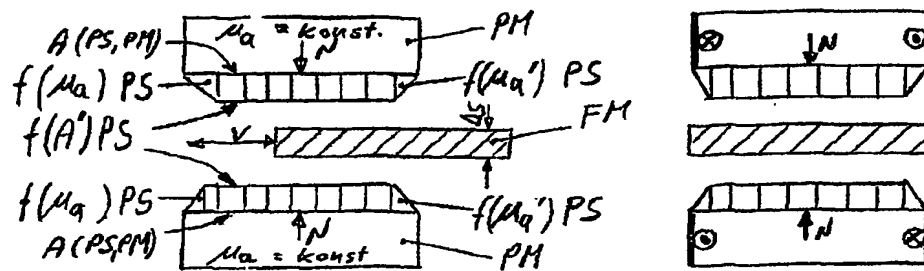


Fig. 67.1: 1. Komponenten + Parameter

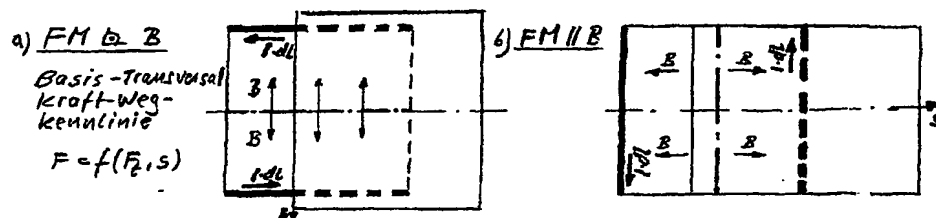


Fig. 67.2: 2. Ohne Kompensations-Funktion

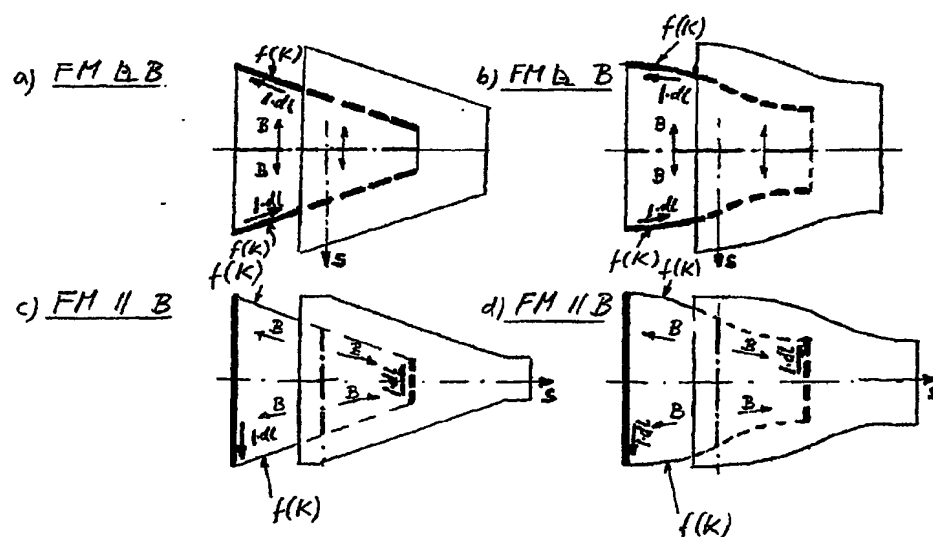
Fig. 67.3: 3. Mit Kompensations-Funktion $f(K)$

Fig. 67.1-3: Beispiele mit Scheiben-PM

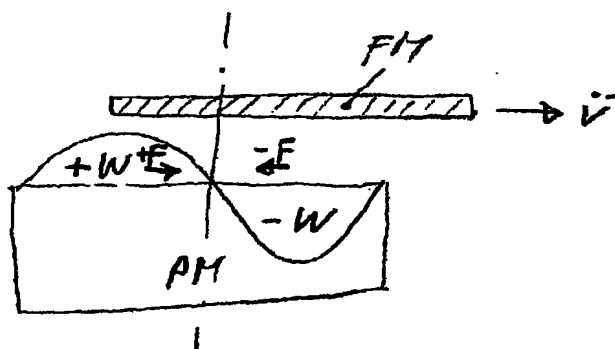


Fig. 68: kinetische Kompensation

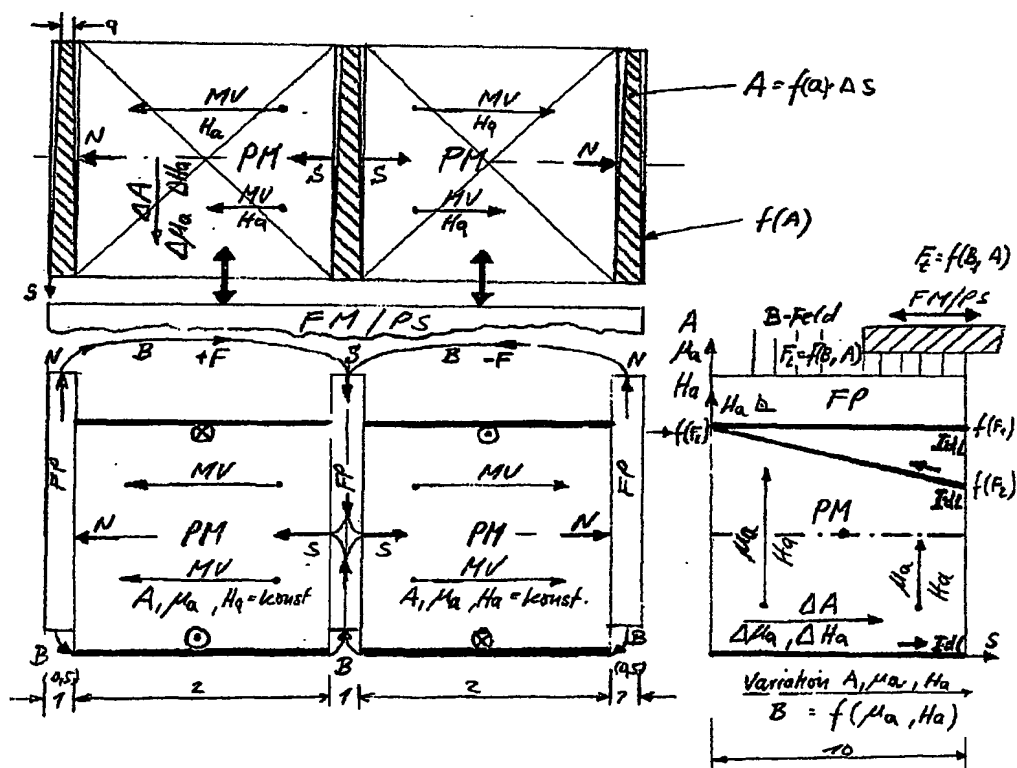


Fig. 69: FM-Bewegung *senkrecht* zu den Feldlinien

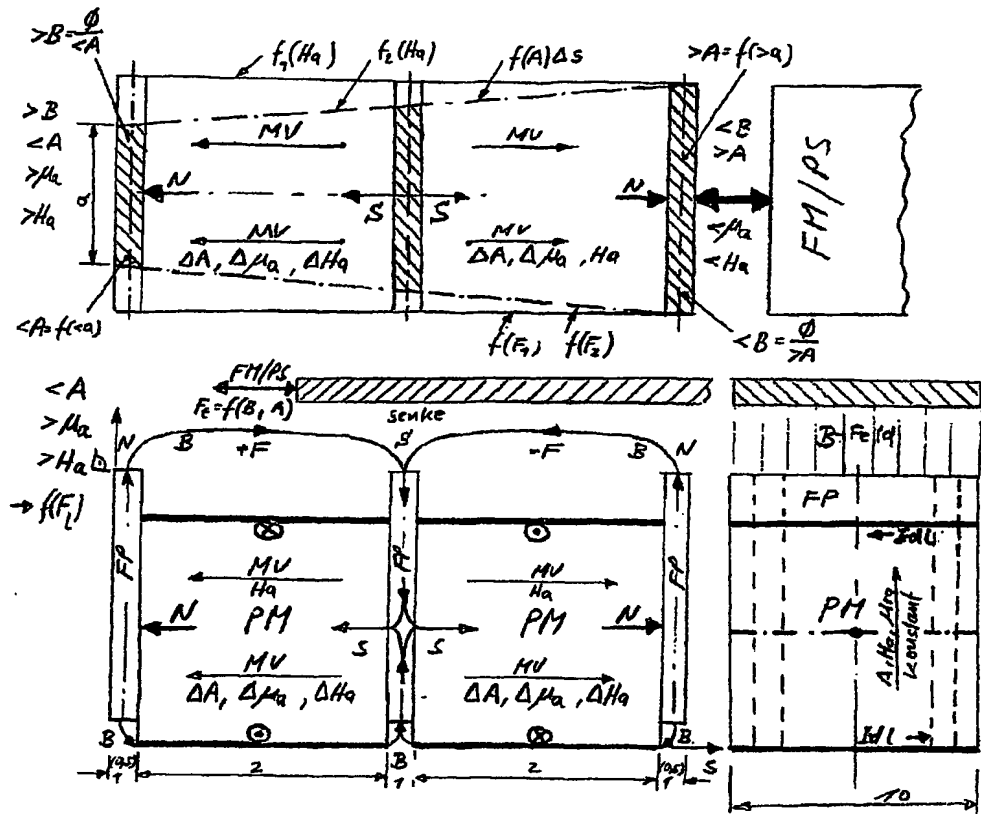


Fig. 70: FM-Bewegung parallel zu den Feldlinien

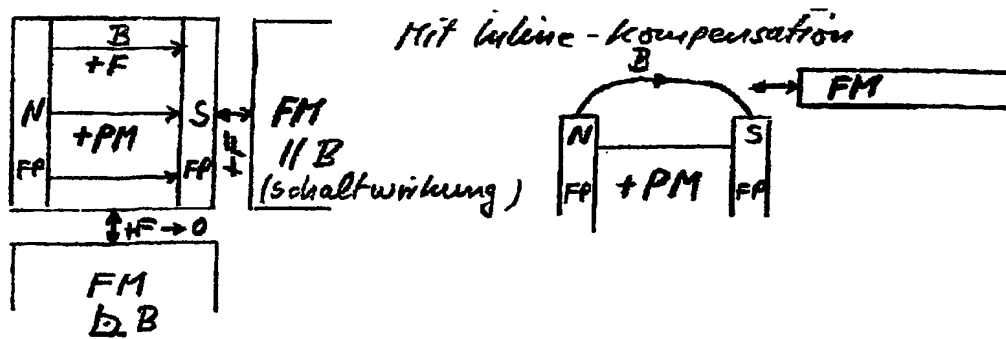


Fig. 71.1: 1. Basis-PM-System (Zelle = Sandwich oder U-Profil)

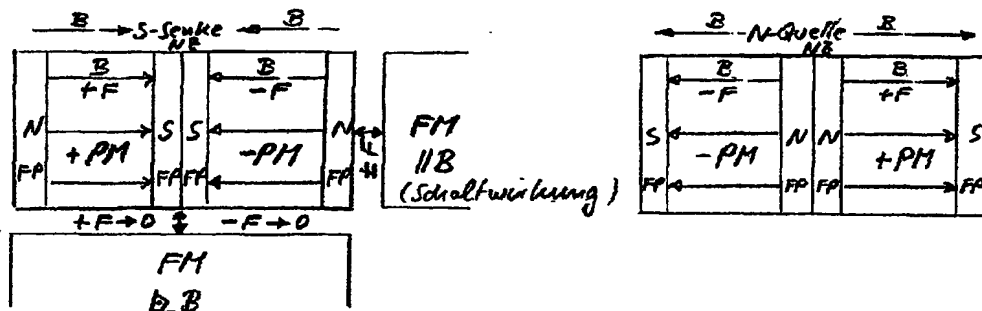


Fig. 71.2: 2. Kombi-PM-System (+PM, -PM) Zeilenanordnung der Zellen

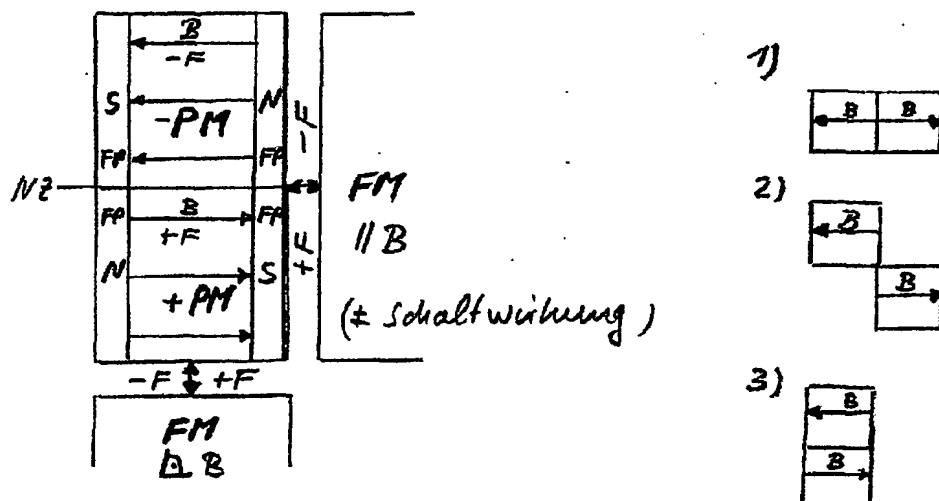


Fig. 71.3: 3. Kombi-PM-System (+PM, -PM) - Spaltenanordnung der Zellen

Fig. 71.1-3: Transversalkraft-Kompensation durch PM-Zellen-Anordnung

Erzeugung anisotropes Magnetfeld (Fig. 72)

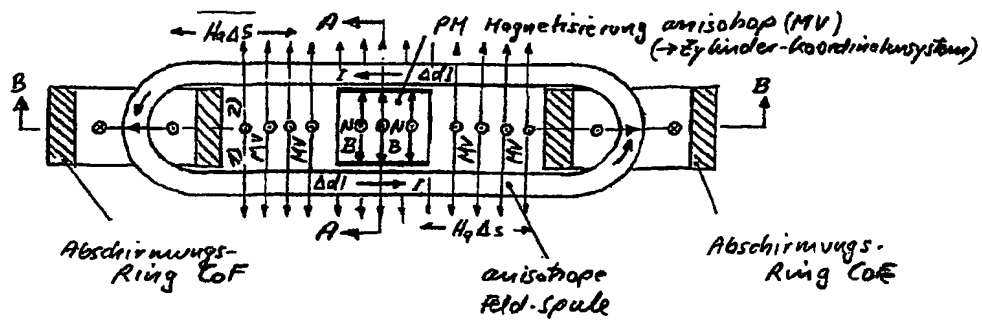
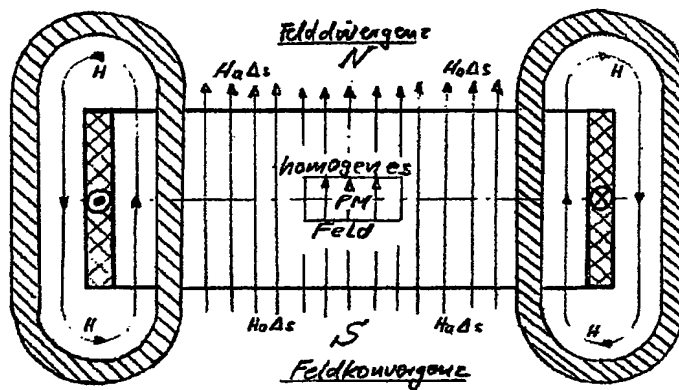
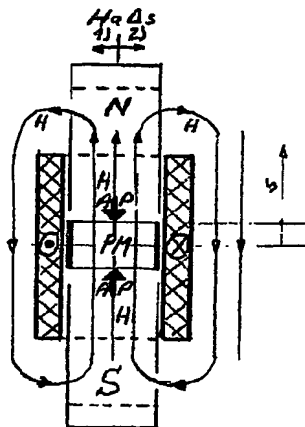


Fig. 72.1: Aufsicht



Schnitt B-B (Fig. 72.2)

1. Fernfeld abgeschirmt
2. differenzielle Modifikation von $H_a \rightarrow H_{a\Delta s} \rightarrow H_a\Delta s$
 \rightarrow FM-Transversalkraft-Kompensation

**Schnitt A-A (Fig. 72.3)**

1. Nahfeld → Magnetisierung PM

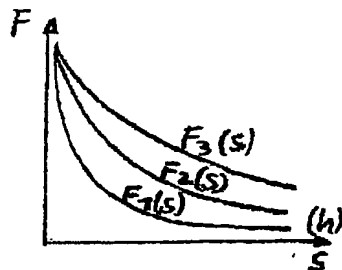
a) Modifikation der Kraft-Weg-Kennlinie

→ Kraftgesetze:

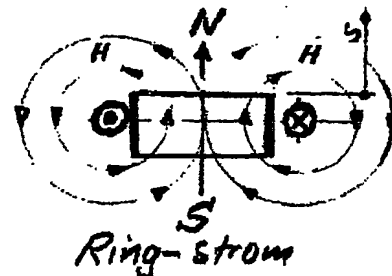
$F_1(h)$ divergentes Feld

$F_2(h)$ homogenes Feld

$F_3(h)$ konvergentes Feld

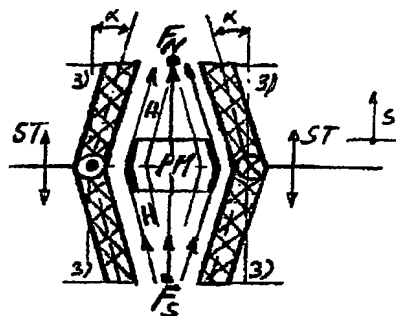


b) Divergentes Feld



c) Homogenes Kraftfeld

Berechnung Biot-Savart-Gesetz



d) Konvergentes Kraftfeld (→ > h)

→ Modifikation Kraft-Weg-Kennlinie

→ Optimum Kraftgesetz

F Fokus

3) Spulen-Modifikation

AP Kornorientierung /

Kristallanisotropie

AP gepresst

ST Spulen-Trennung für

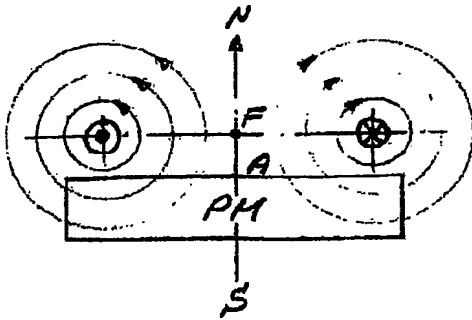
PM-Montage

e) Konvergenz-Zentrum vor die PM-Fläche A

AP Kornorientierung im Feld bei AP

→ Vorverlagerung des Konvergenz-Zentrums

F Fokus



Beachte: im realen M-Feld sind das keine konzentrischen Kreise.

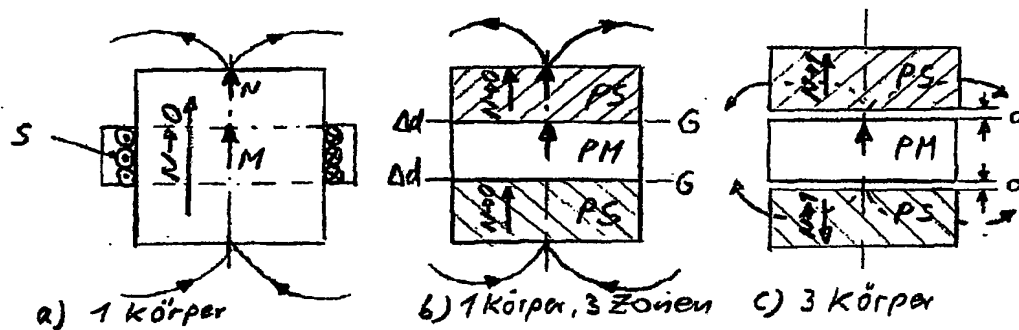


Fig. 73: 3 Magnetfluß-Modelle

Die Dicke des Luftspaltes ist mit dafür entscheidend, wie der Fluß übergeht (Magn. Brechungsindex, Tunneleffekt).

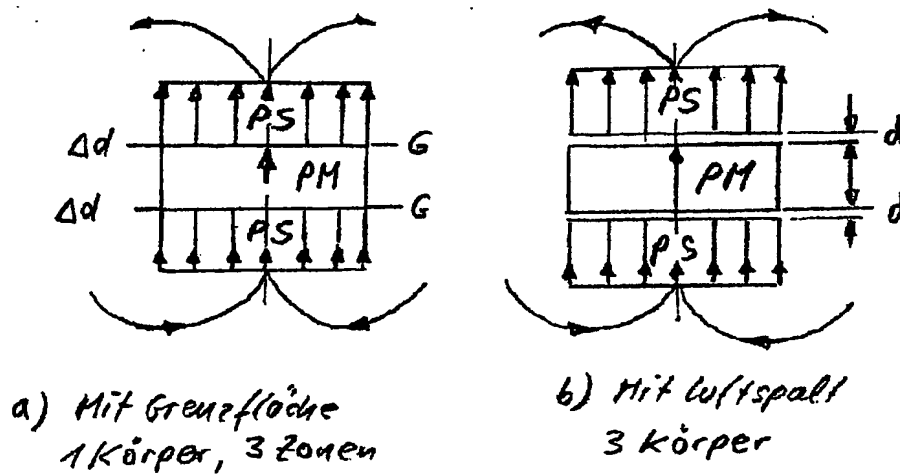


Fig. 74: a) PS mit Grenzfläche

b) PS mit Luftspalt

Polschuh PS

Leitend = "Auf" mit $N \rightarrow 0$
(Gegen-PM nicht gezeichnet)

Feldmodulator FM

Sperrend = "Zu" mit $N \rightarrow 1$

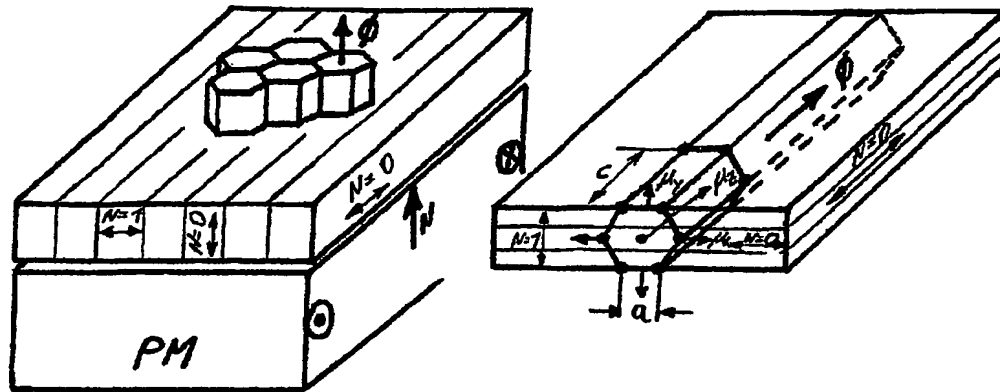


Fig. 75: Feldmodulator-Schalter (FM+PS) als Einheit

a) Zustand "gesperrt"
"Zu"

b) Zustand "leitend"
"Auf"

PS, FM

- 1) Magn. Formanisotropie
→ Blechung
- isotrop
- 2) Kristall-Anisotropie
- Grosstextur
- hexagonal anisotrop

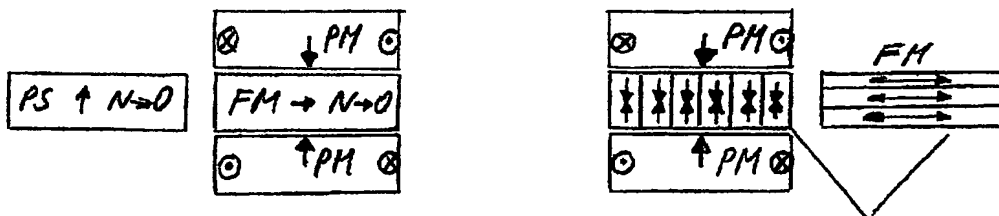


Fig. 76 a,b: Zustände im Kanal

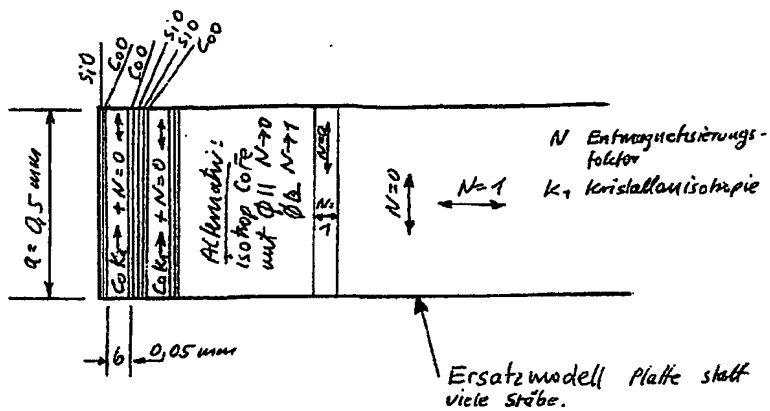


Fig. 77: Formanisotropie-Ersatzmodell

Bem.: Lamellierung auch gegen Wirbelströme. Dünne Bleche reduzieren Volumen-Wirbelströme → bessere bei hohen Frequenzen.

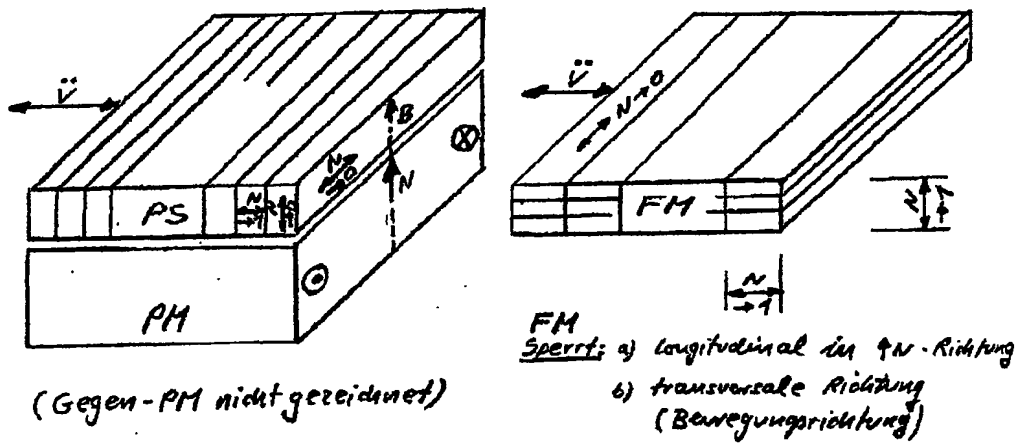


Fig. 78 a: 1.1 PS-Lamellenbleche parallel zum Feld

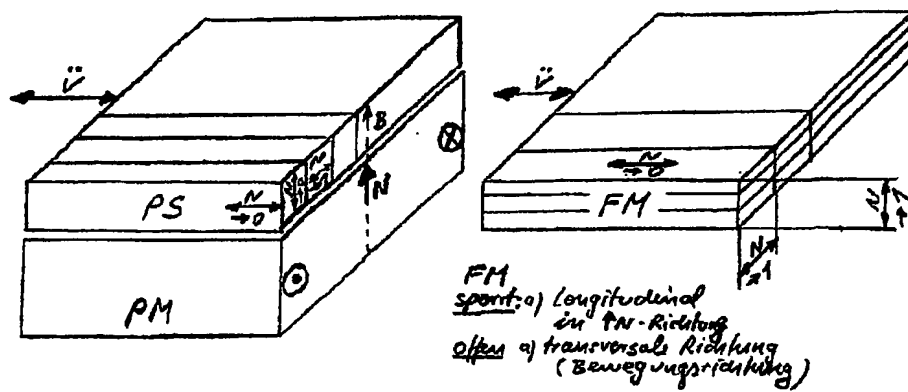


Fig. 78 b: 1.2 PS-Lamellenbleche senkrecht zum Feld

Fig. 78: FM/PS-Bewegung senkrecht zum Feld

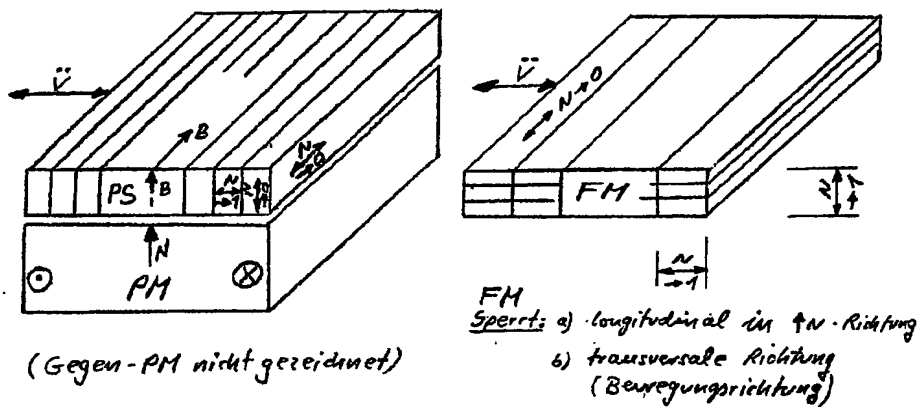


Fig. 79 a: 2.1 PS-Lamellen senkrecht zum Feld

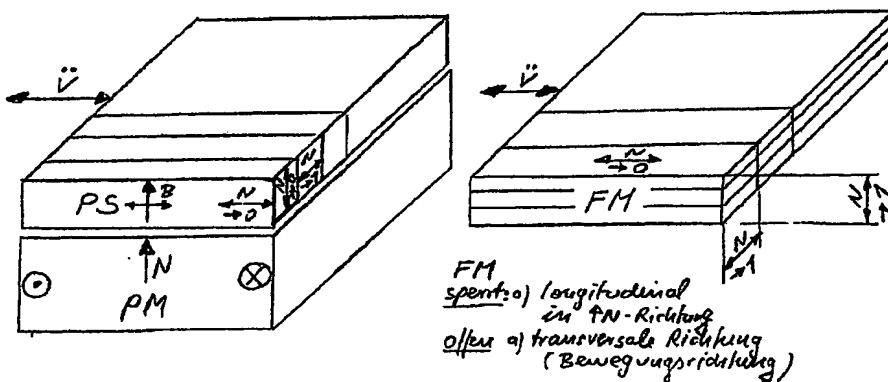


Fig. 79 b: 2.2 PS-Lamellen parallel zum Feld

Fig. 79: FM/PS-Bewegung parallel zum Feld

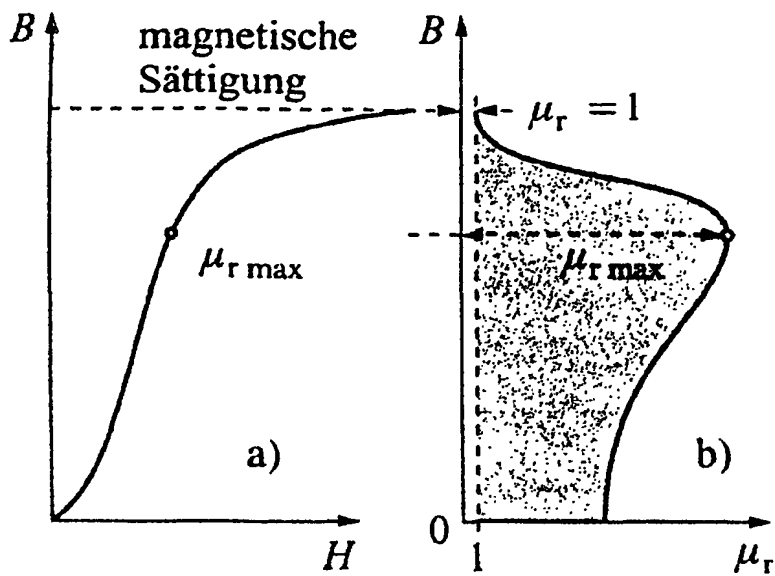


Fig. 80: Ferromagnetischer Stoff im magn. Feld, B - H_a + B - μ_r Kennlinie

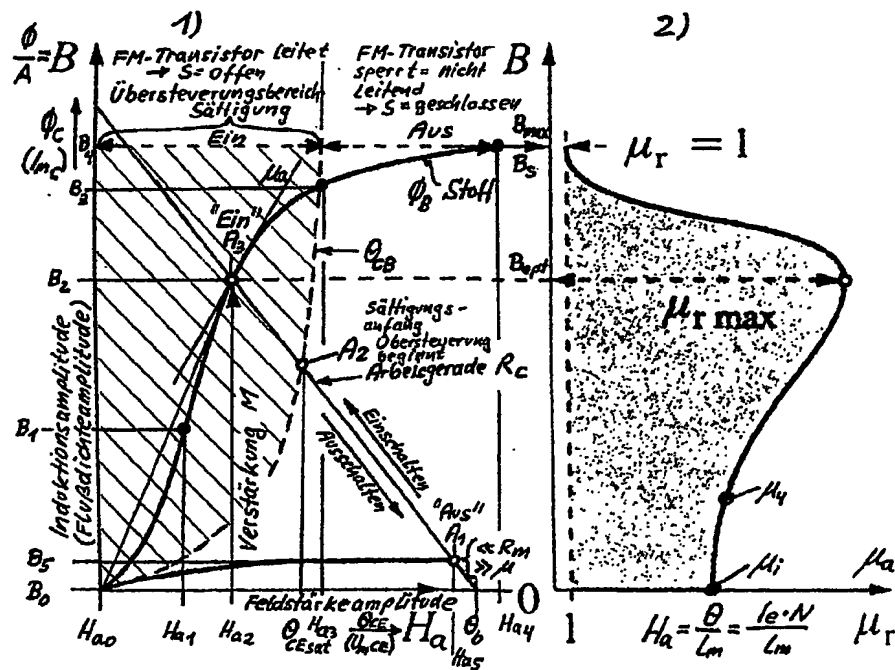


Fig. 81: M-Schalter mit Zuständen in B - H_a + B - μ_r Kennlinie

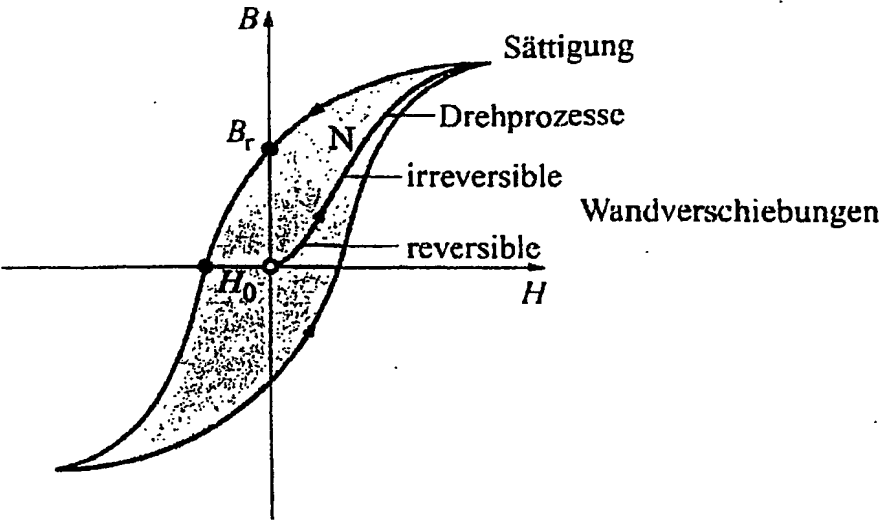


Fig. 82: Hystereseschleife

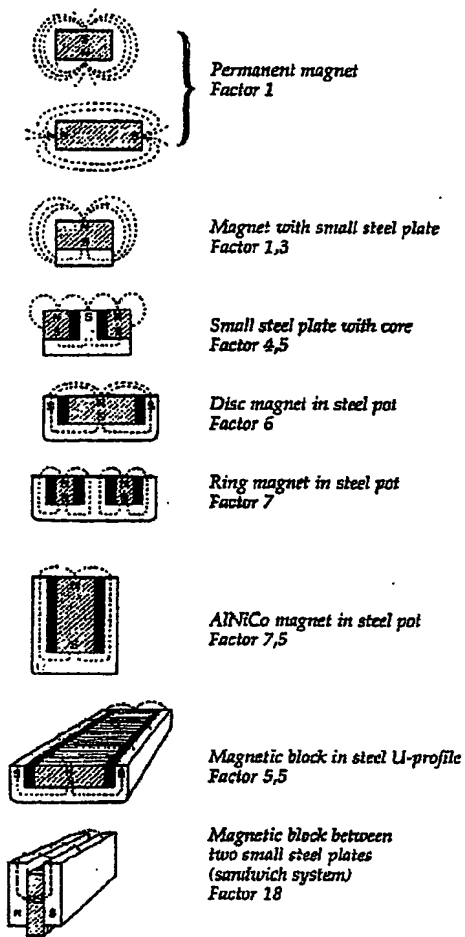


Fig. 83: Magnet-Systeme: Feldorientierung

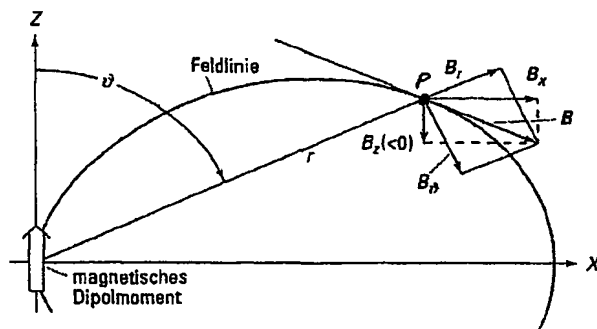


Fig. 84: Zur Komponentenzzerlegung im Fernfeld eines Dipols. Beim Feld eines magnetischen Dipols (einer Stromschleife).

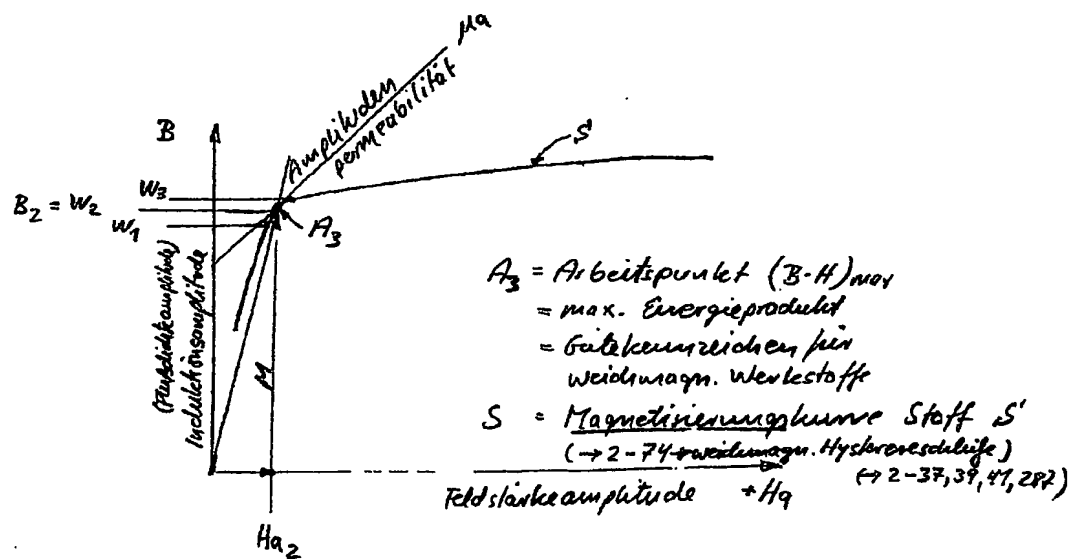


Fig. 85: Kennlinie für Verstärkungsfaktor

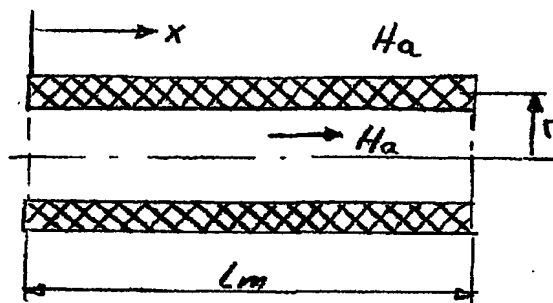
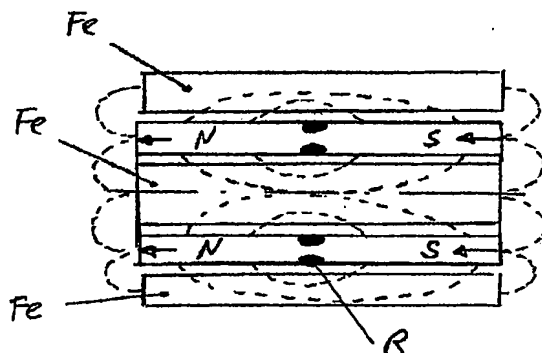


Fig. 86: Zylinderspule



Fe: Ferromagnetikum

R = Ringstern

Fig. 87: Permanentmagnet mit verstärkendem Kern und Hülle

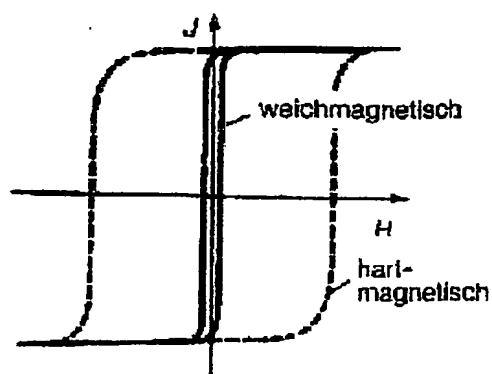


Fig. 88: Hystereseschleifenform weichmagnetisch, hartmagnetisch

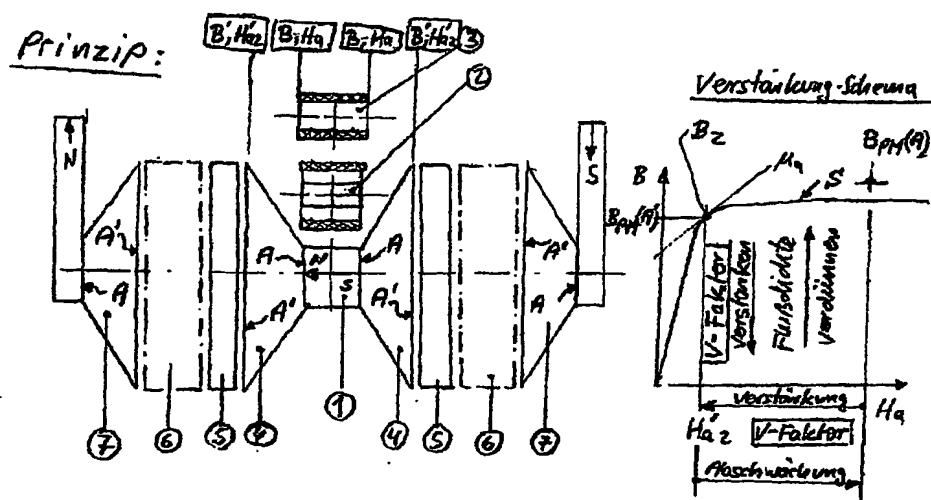


Fig. 89: Sandwich-Verstärker (V)

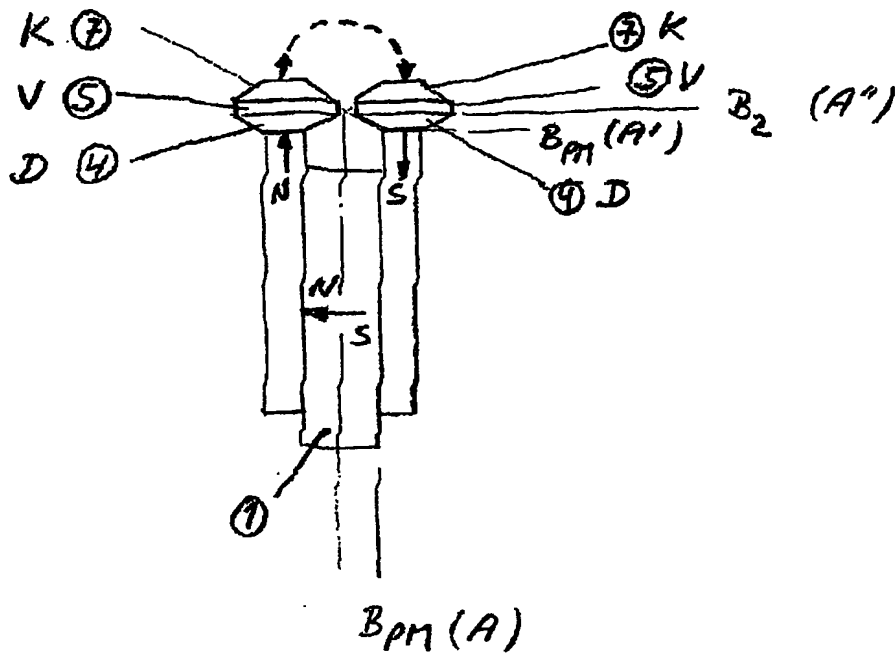


Fig. 90: Sandwich-Abschwächer (A)

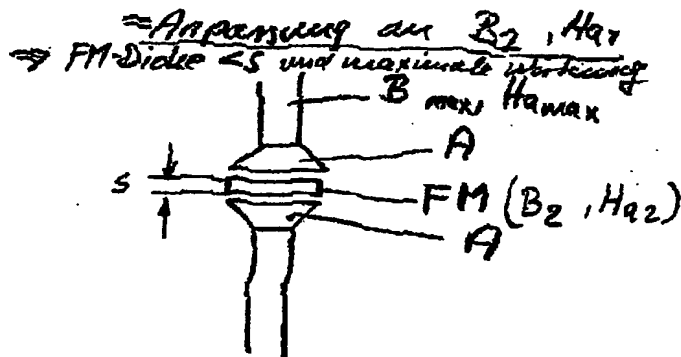


Fig. 91: Anpassung an B_2, H_{a2}

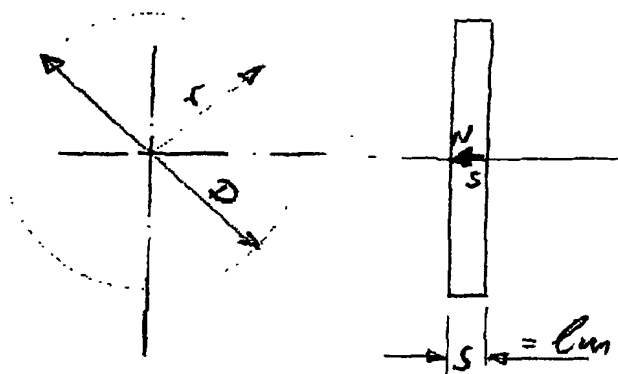


Fig. 92 : Runder Scheibenmagnet (AP)

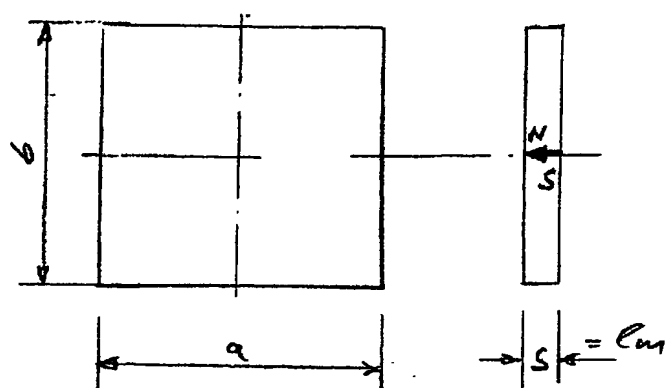
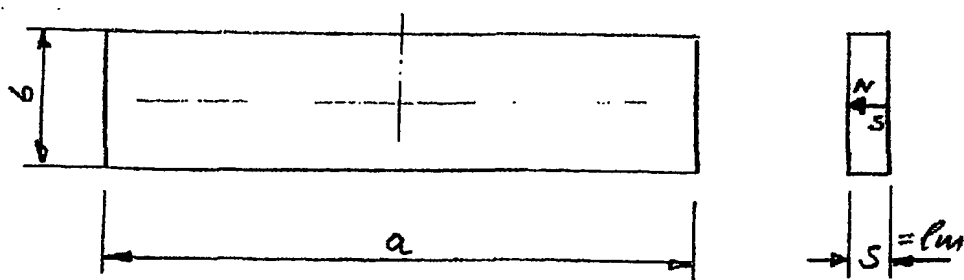


Fig. 93: Quadratischer Scheibenmagnet (AB)

Fig. 94: Variante A: $\alpha=0^\circ$

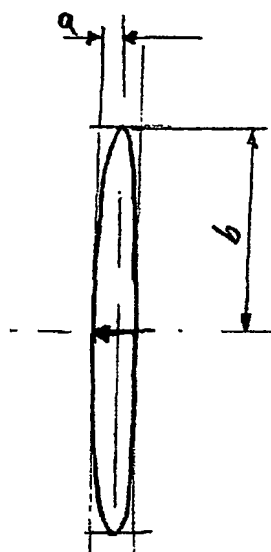
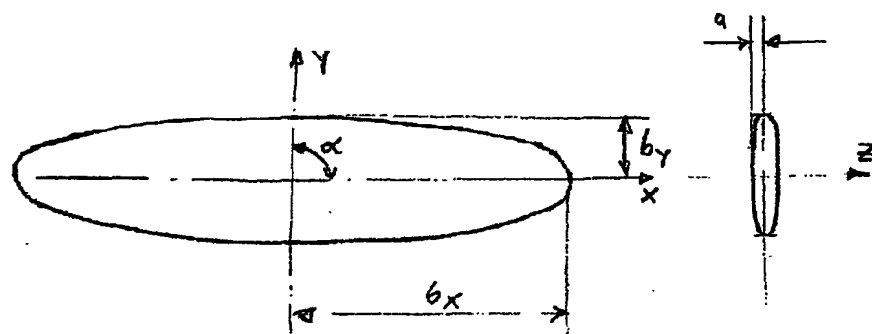
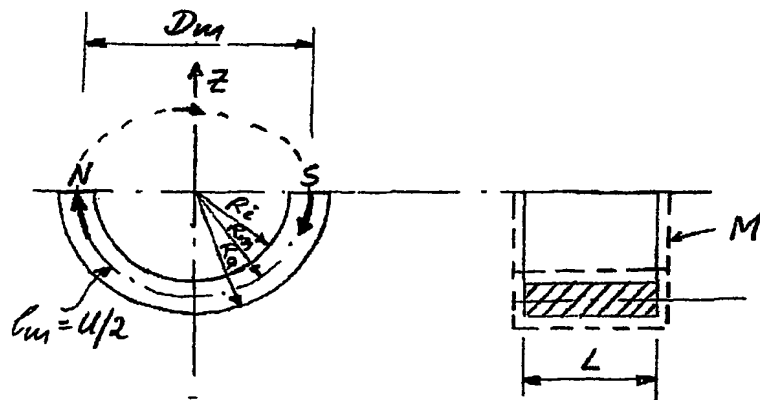
Fig. 95: Variante A: $\alpha=0^\circ$ Fig. 96: Variante B: $\alpha=45^\circ$ 

Fig. 97: U-Magnet

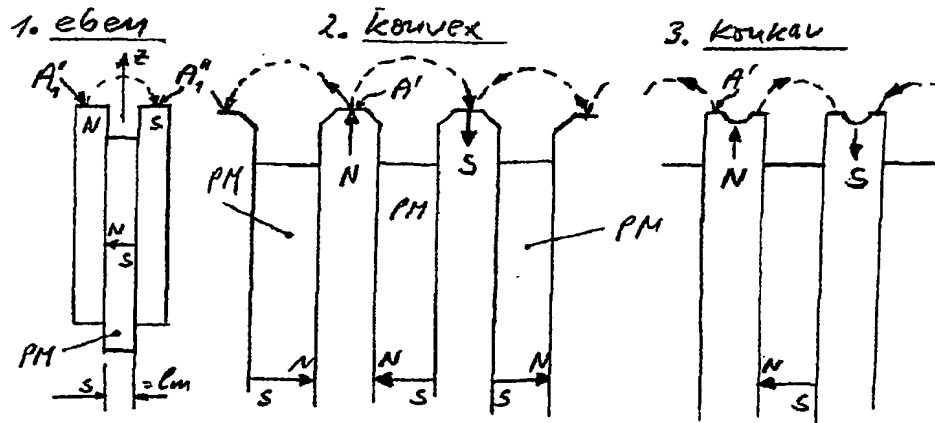


Fig. 98 : PM-Sandwich (Multi-Layer)

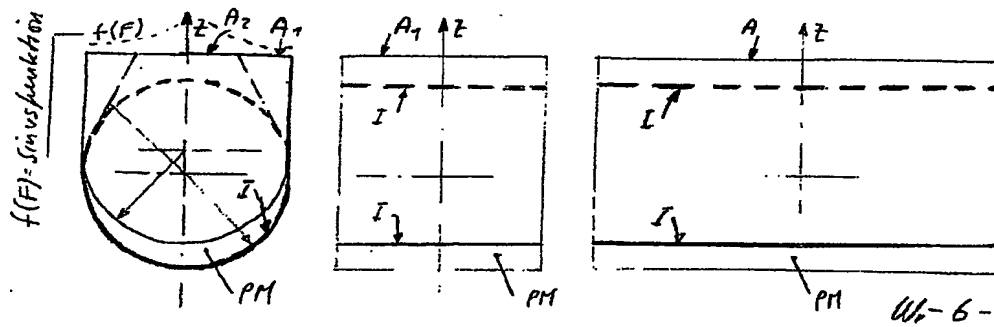


Fig. 99 : Maximierung : Höhere Kraft F

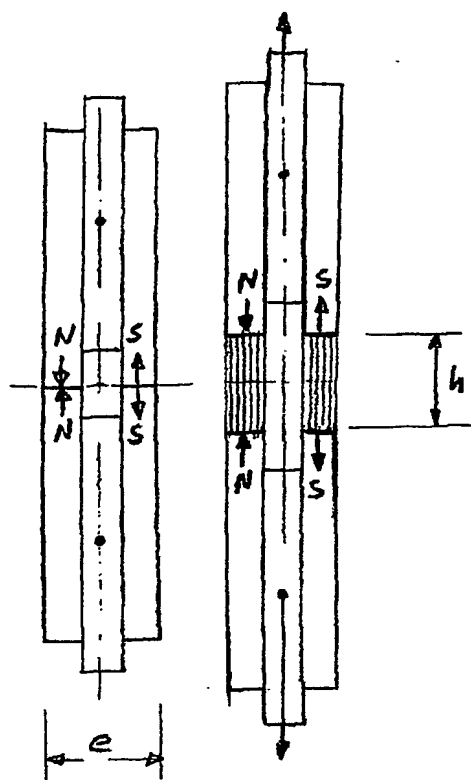


Fig. 100: Parallel $\alpha=0^\circ$

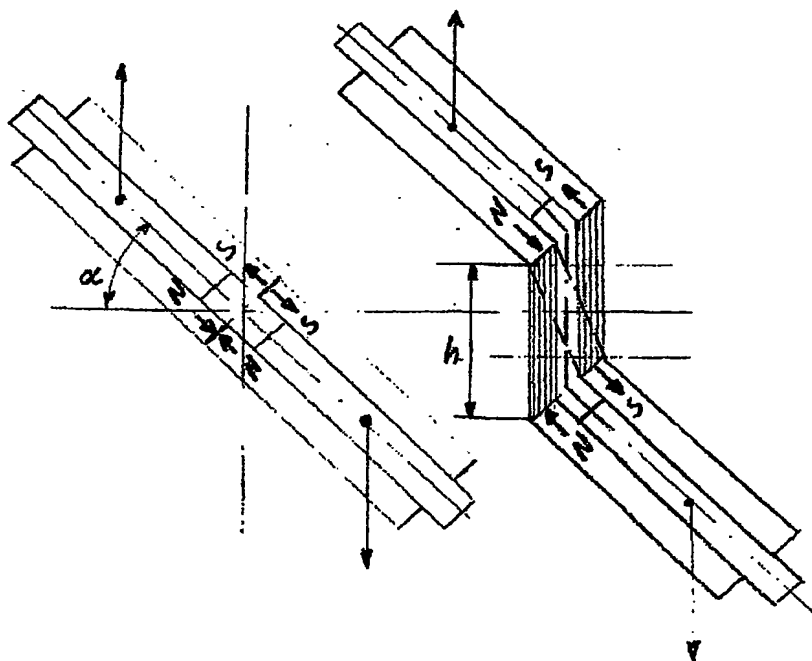


Fig. 101: Drehung $\alpha=45^\circ$

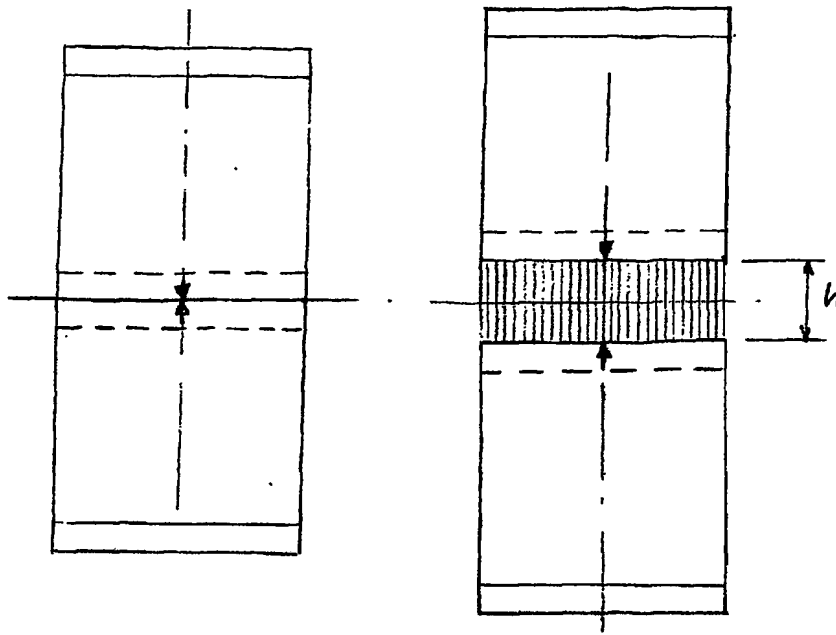


Fig. 102: Parallel $\alpha=0^\circ$

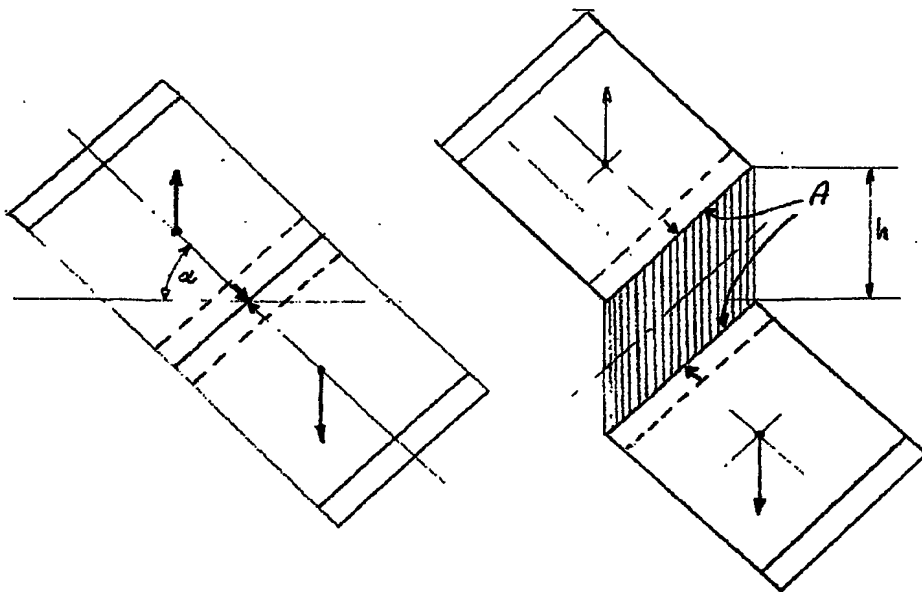


Fig. 103: Drehung $\alpha=45^\circ$, Fläche A konstant
Beachte: N→N, S→S: Pole bleiben gegenüberstehend!

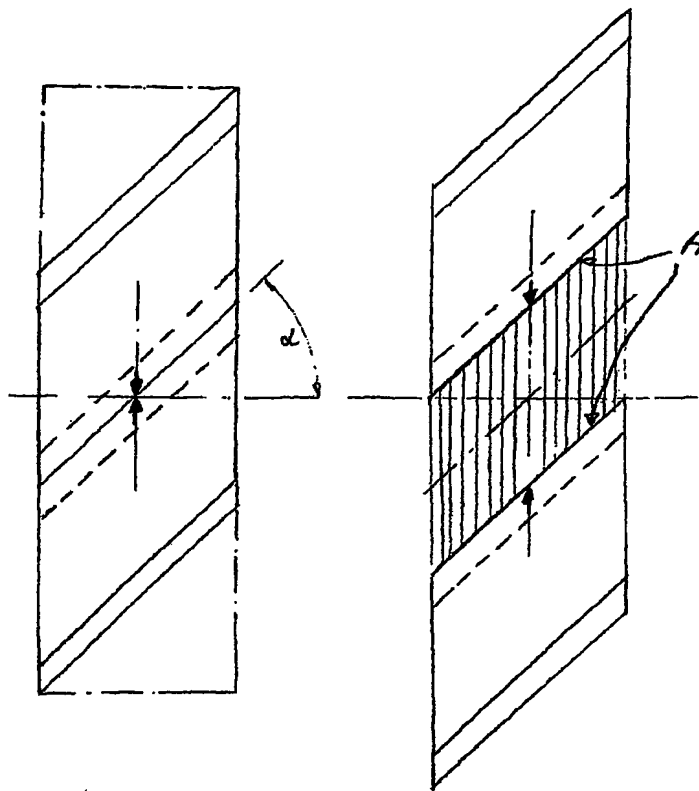


Fig. 104: Rhombus $\alpha=45^\circ$, Fläche $A(\alpha) \rightarrow \succ A \rightarrow \prec F$

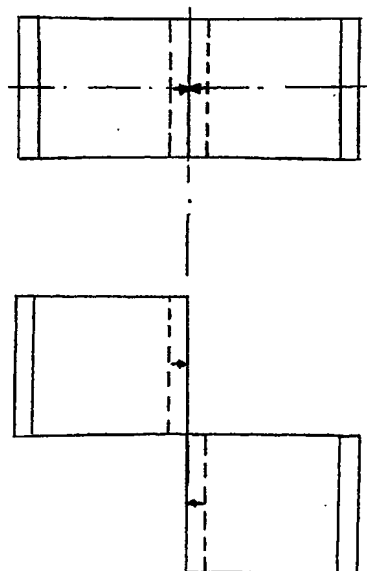


Fig. 105 : Variante D

1. Orthogonal-System (Fig. 105 a,b,c)

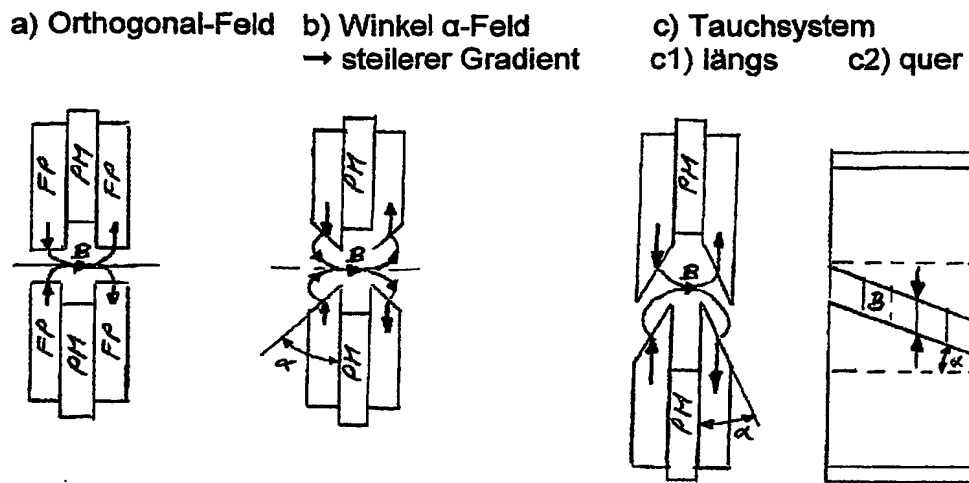


Fig. 106 a,b,c: Orthogonal-System

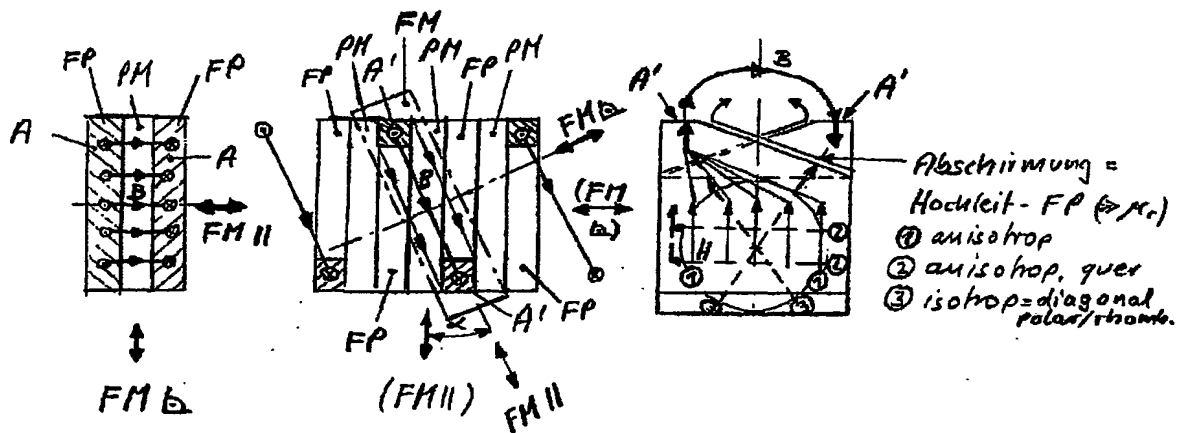
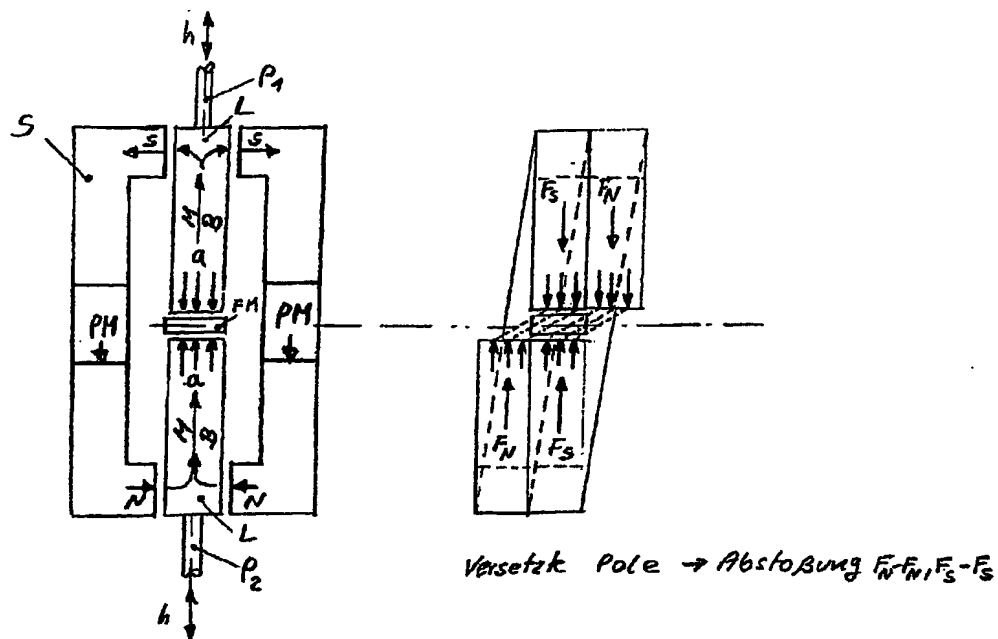


Fig. 107: Diagonal-System



a anisotrop, magnetische Vorzugsrichtung

S Stator (= Fe-kolben)

L Läufer (anisotroper M-leitfähigkeitkäfig mit Pleuel gekoppelt)

FM Feldmodulator + PS Polschwach

PM Permanent-Magnet

P_1, P_2 Pleuel

Beachte spez. elektr. Leitfähigkeit der Fe-kolben \rightarrow ggf.

Anti-wirbelstrom-Prinzipien anwenden.

Alternative: Induktions-System mit Wirbelströmen im Fe-kolben

Fig. 108: Orthogonal-Diagonal-System

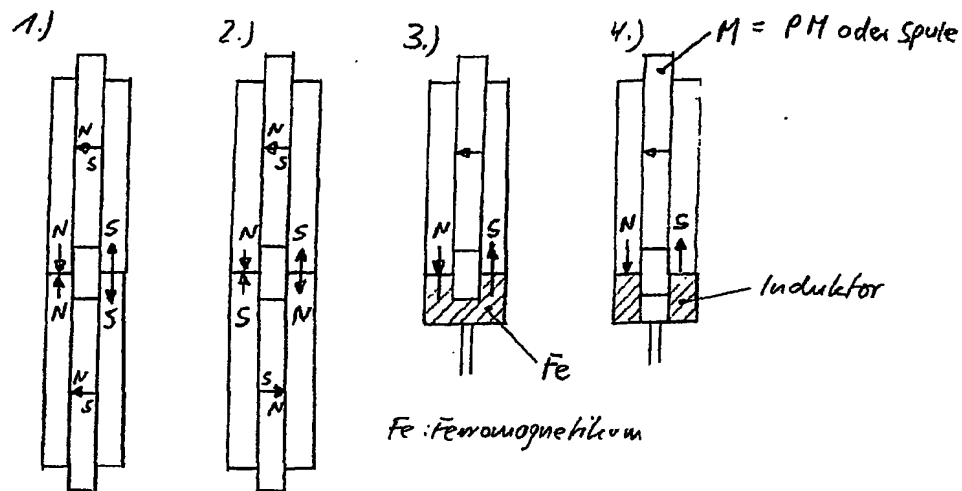


Fig. 109 : Krafterzeugungs-Prinzipien

Pos. 1., 2. = Quadrupol-Systeme = 2 Dipole in Wechselwirkung
 Pos. 3., 4. = Dipol-Systeme

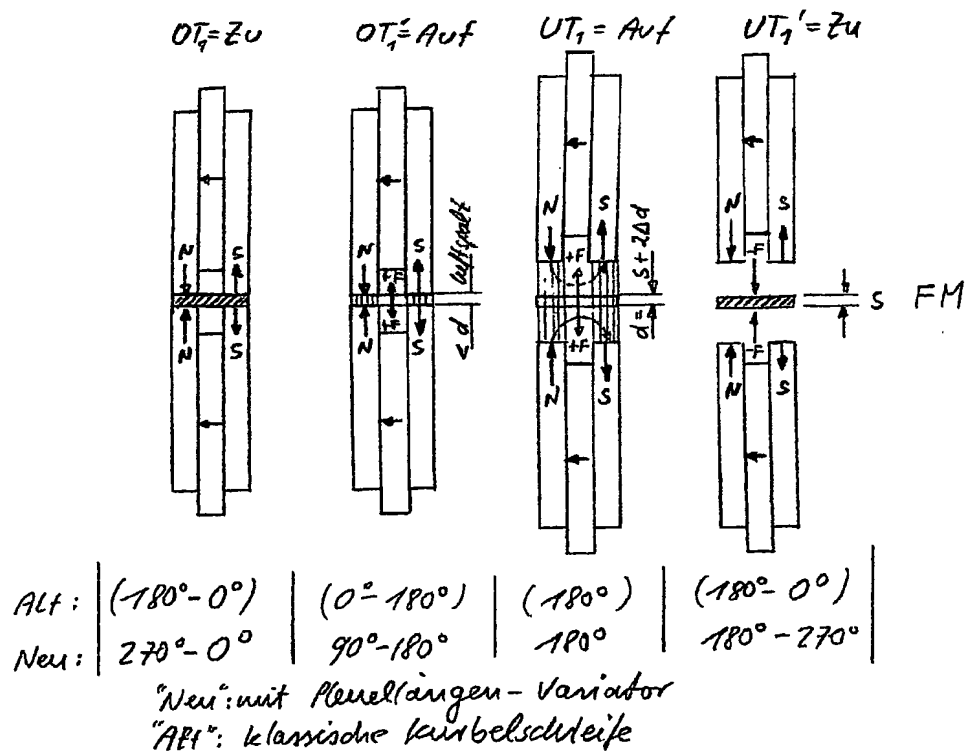


Fig. 110: Arbeitsspiel

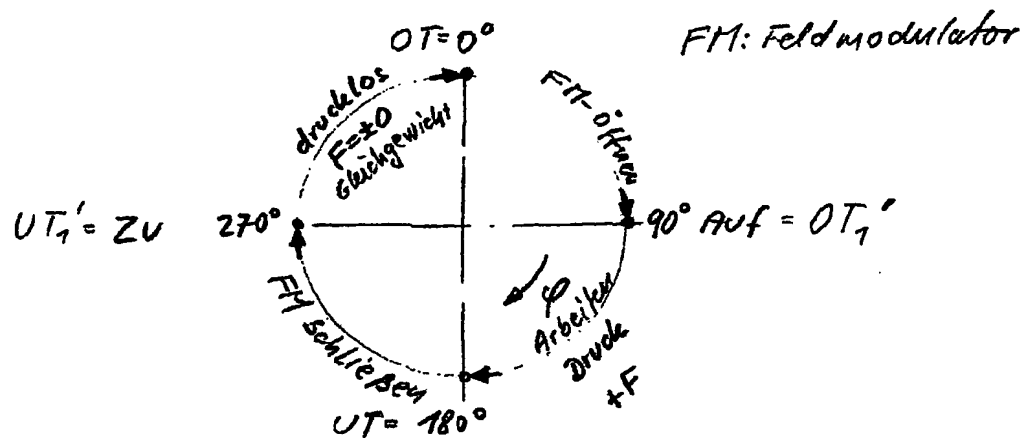
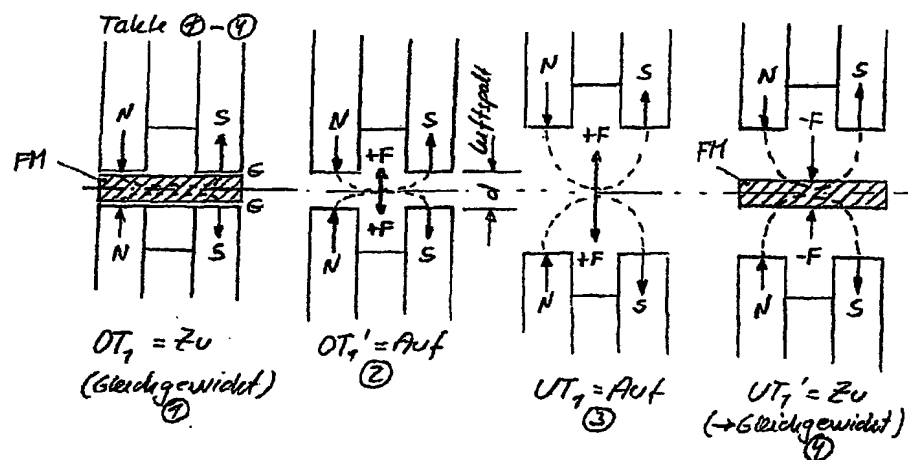


Fig. 111: FM-Phasen

Fig. 112: Kraftminimierung durch Luftspalt d

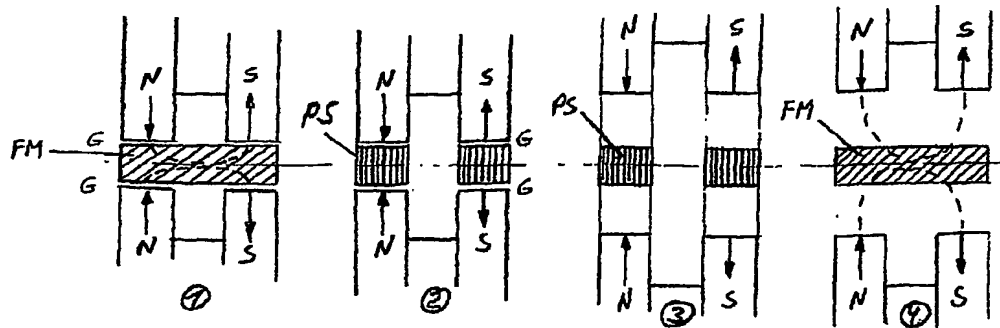


Fig. 113: Variante A

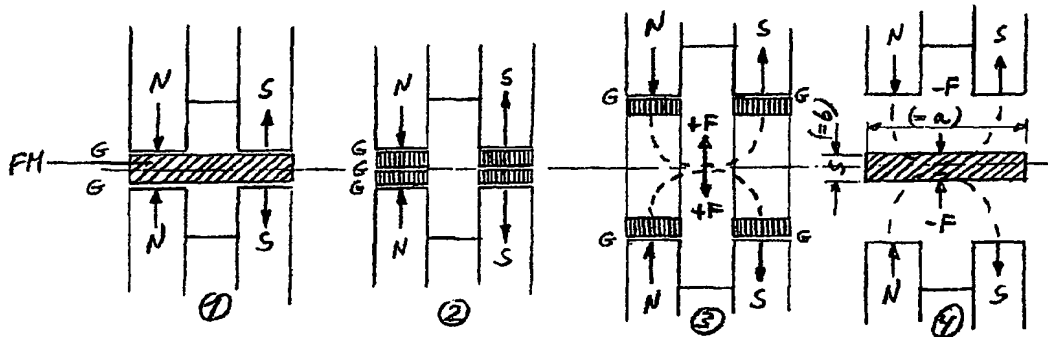


Fig. 114: Variante B

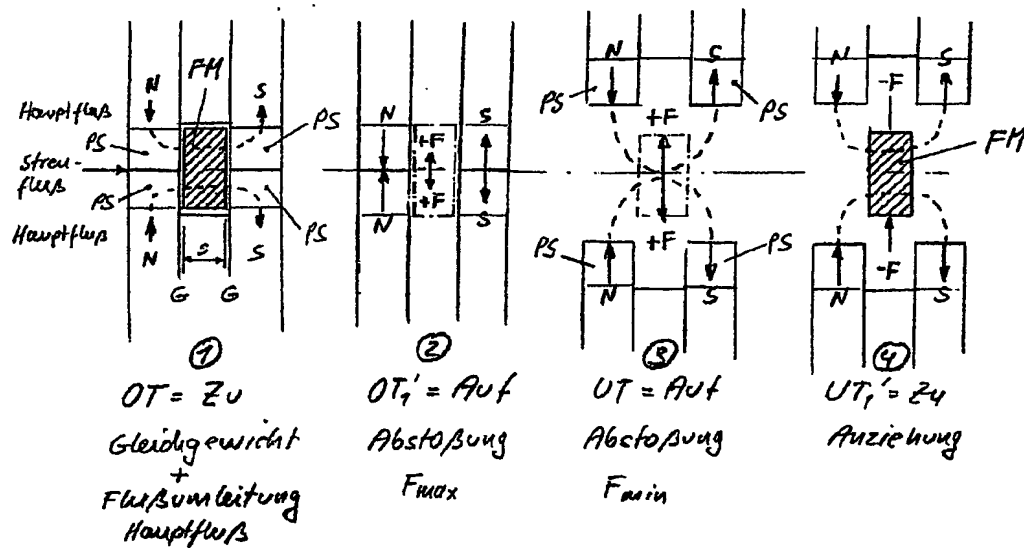


Fig. 115: Feldmodulator + Polschuhe in einem Bauteil

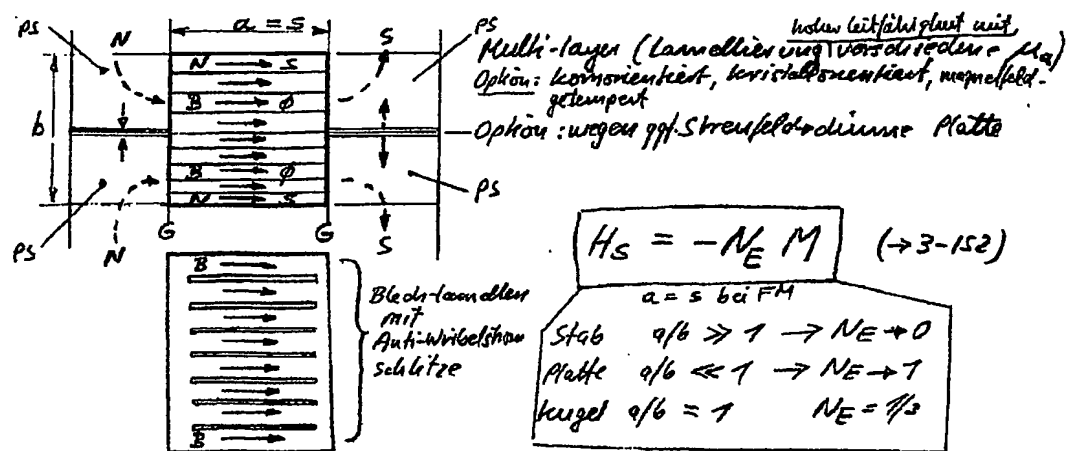


Fig. 116: Magnetische Formanisotropie

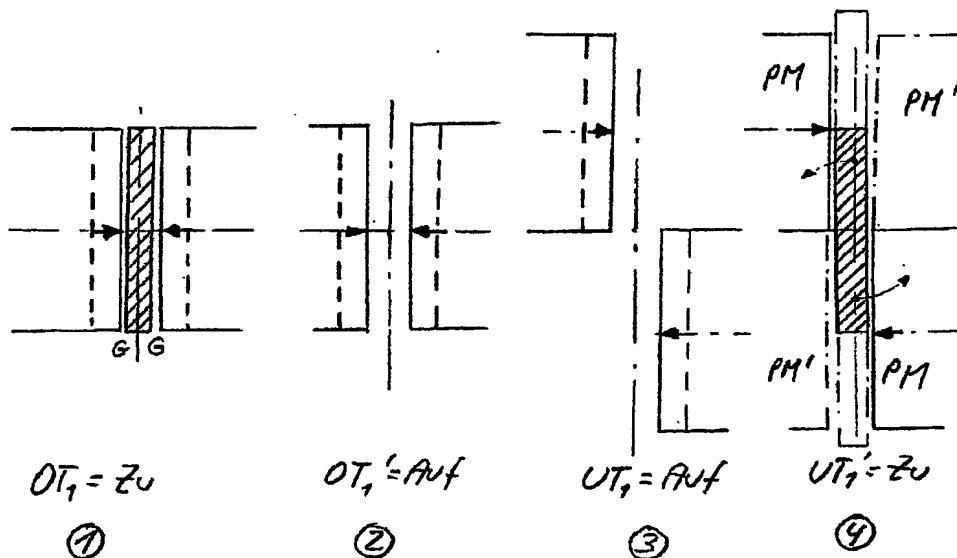


Fig. 117: Inline FM

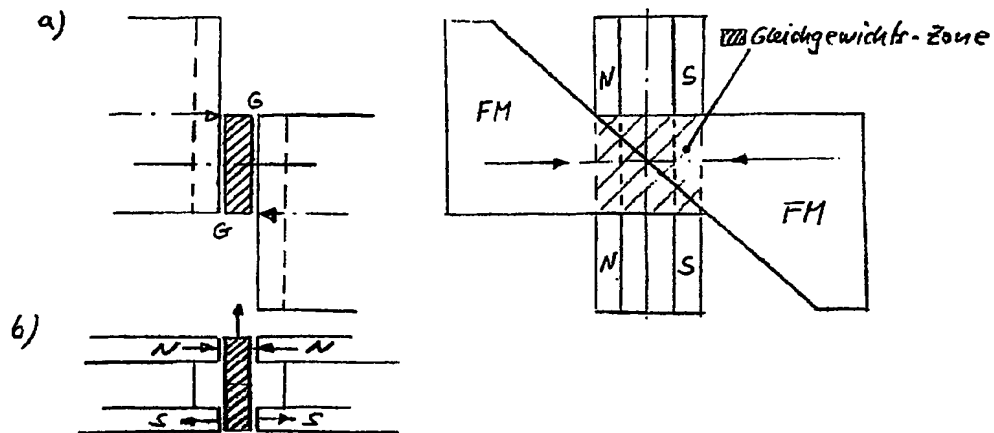


Fig. 118: a) Outline-FM dynamisch-variabel, b) FM-Bewegung parallel N-S (Streifen)

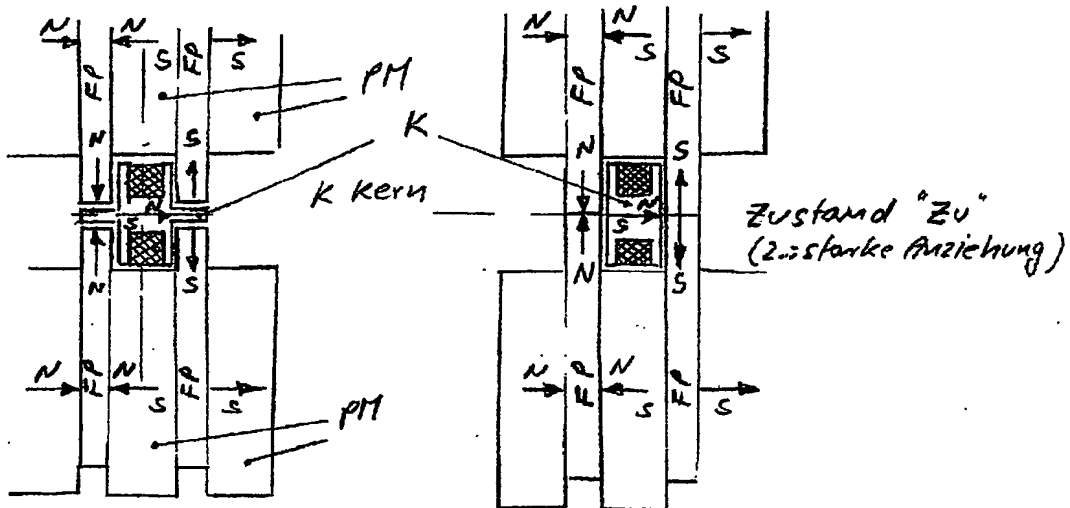


Fig. 119: Inline-FM

Fig. 120: Outline-FM= optimale Lösung

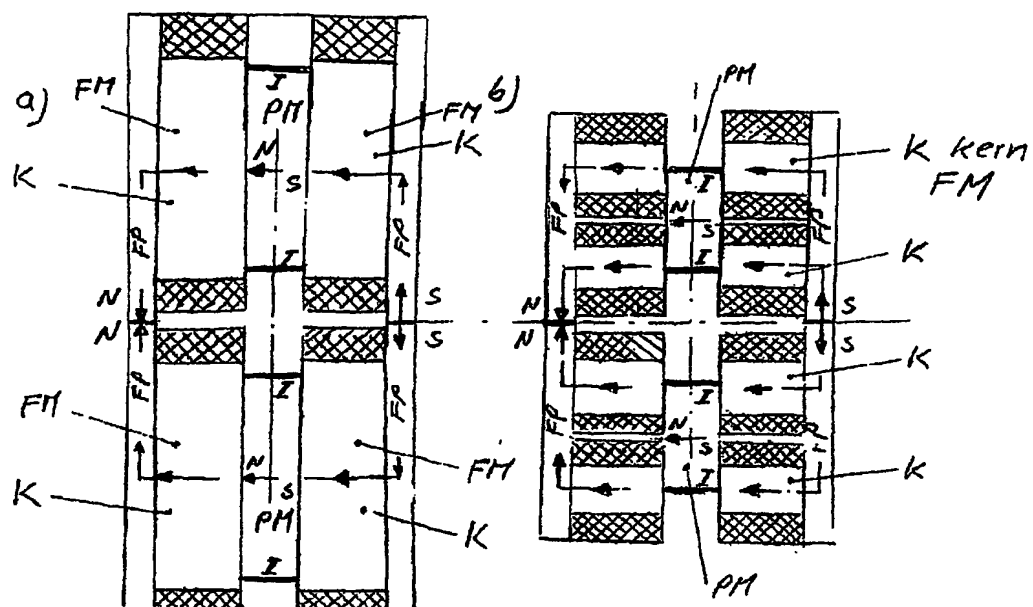
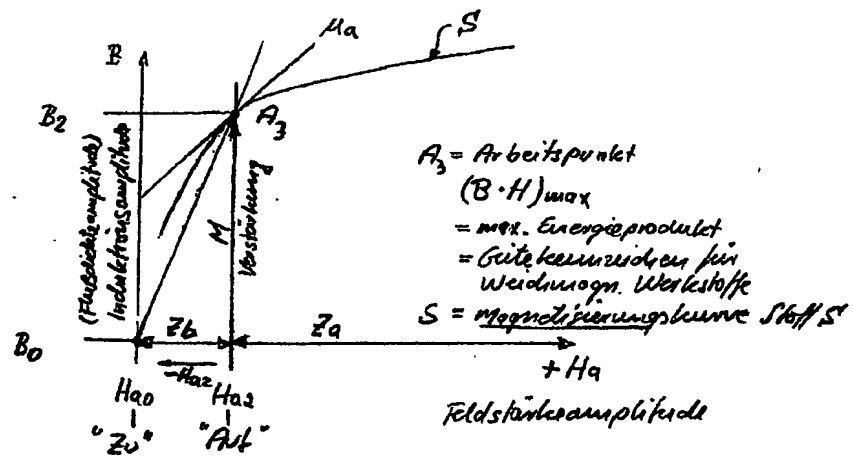


Fig. 121: Outline-FM

Fig. 122: Schaltpunkt A_3

Schaltung über Leit-/Sperrschicht analog magn. Bipolar-Transistor M-BT
 FM kinematisch oder stationär.

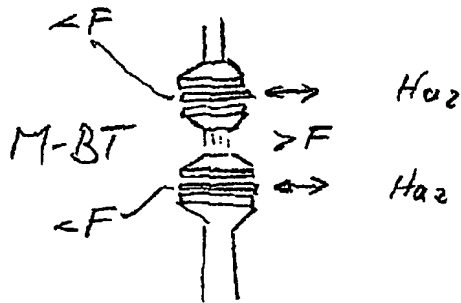


Fig. 123: Schaltung über Leit-/Sperrschicht analog magn. Bipolar-Transistor M-BT FM kinematisch oder stationär.

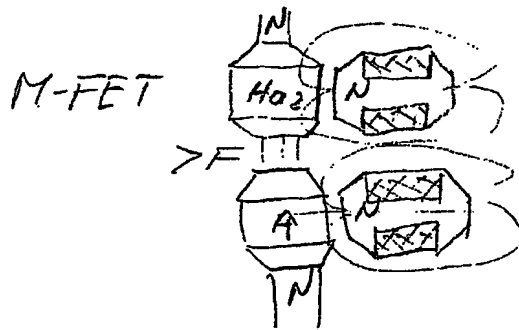


Fig. 124: Ein Querfeld (Gate)

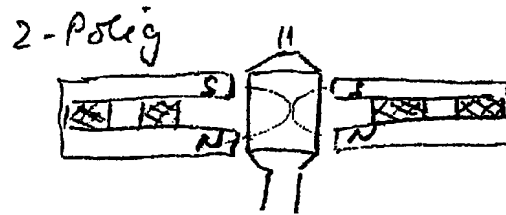


Fig. 125: Zwei Querfelder (Gate)

1.Solid-State FKG-Varianten Ortsfeste PM's oder PE's (Fig.126)

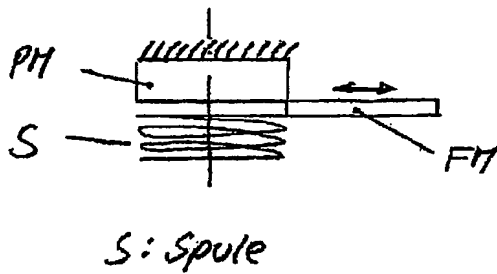


Fig. 126 a): Solid-state, PM ortsfest
Stationärer FM oder kinematischer FM
Zeitlich sich änderndes
Magnetfeld induziert elektrisches
Feld → elektr. Strom.

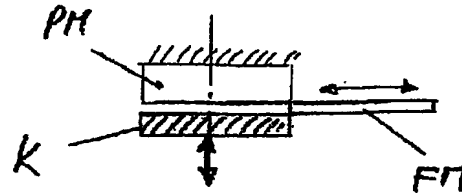


Fig. 126.b): Anziehung Kolben K, PM ortsfest
Stationärer oder kinematischer FM
K Kolben = weichmagnetischer Stoff

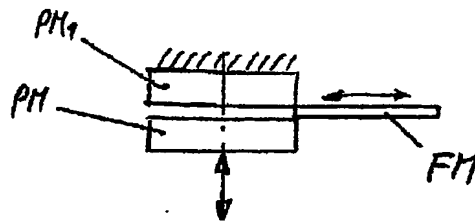


Fig. 126 c): Abstoßung PM₁ ortsfest, PM₂ = Kolben

2. Einzelspulen-Generator (Fig. 127, 128) Sandwich-Konstruktion

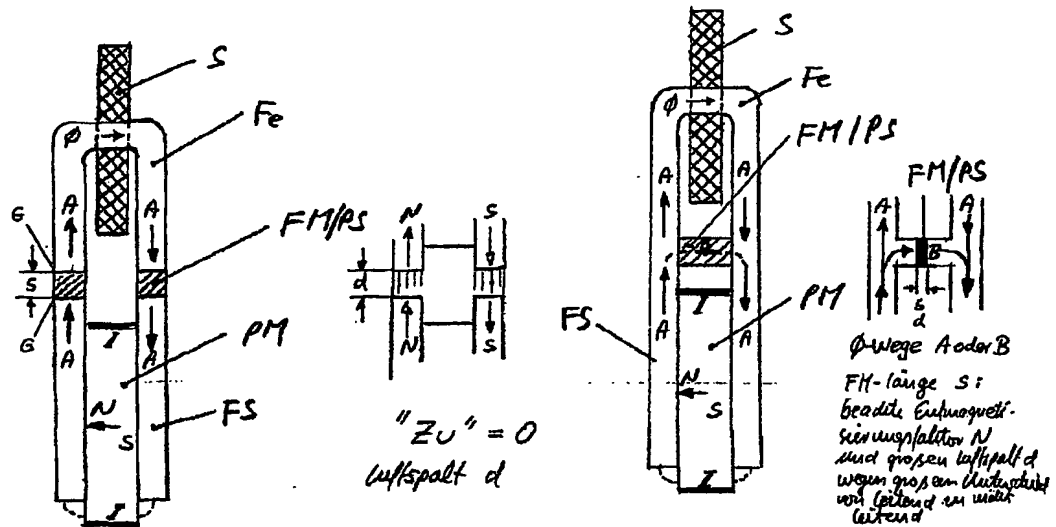


Fig. 127: Inline FM/PS

Fig. 128: Outline FM/PS

3. Doppelspulen-Generator (Fig. 129)

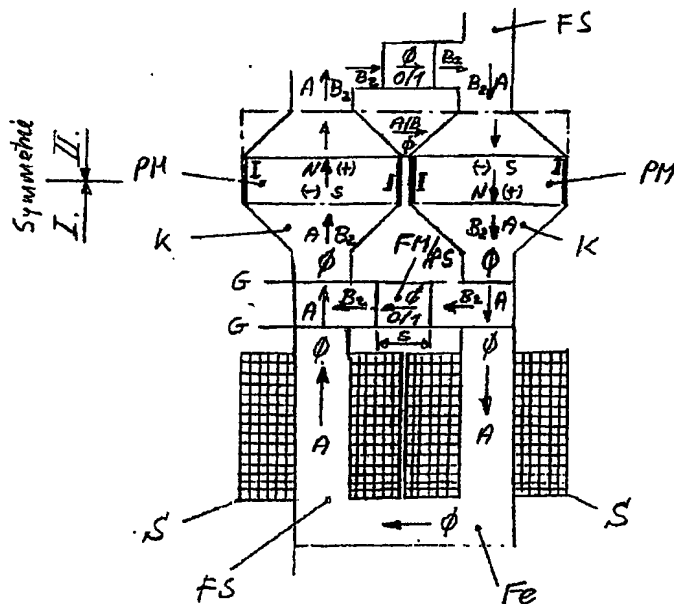


Fig. 129: Outline-FM, Option: symmetrische Spulenordnung

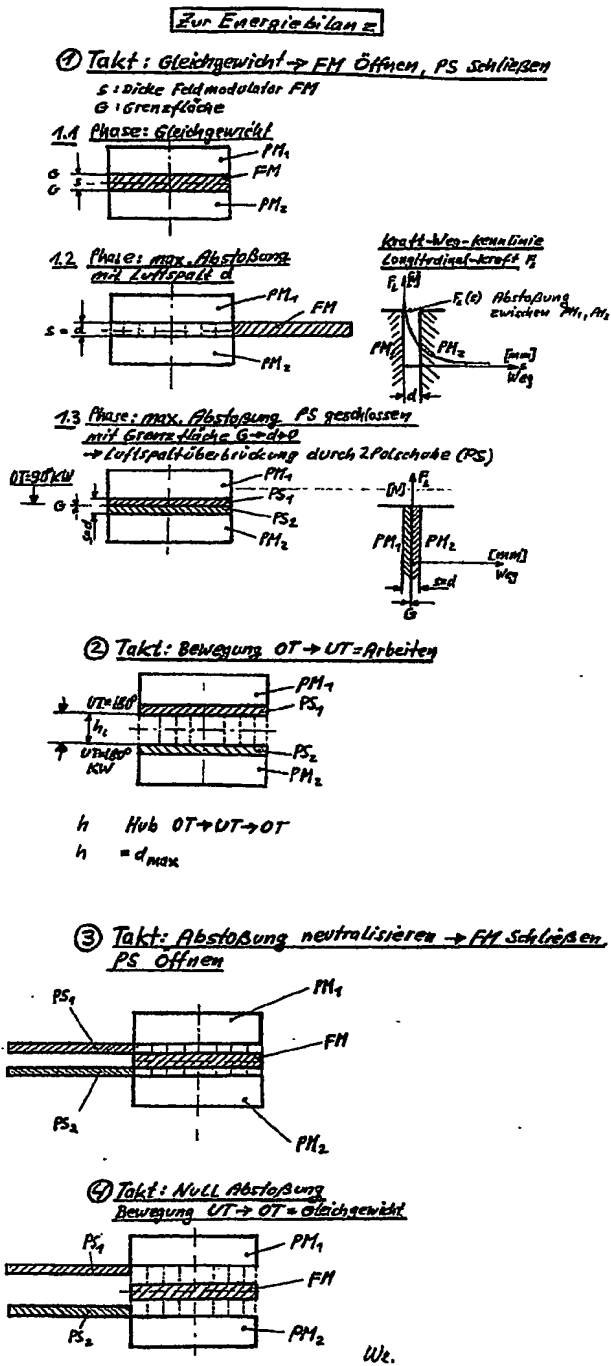
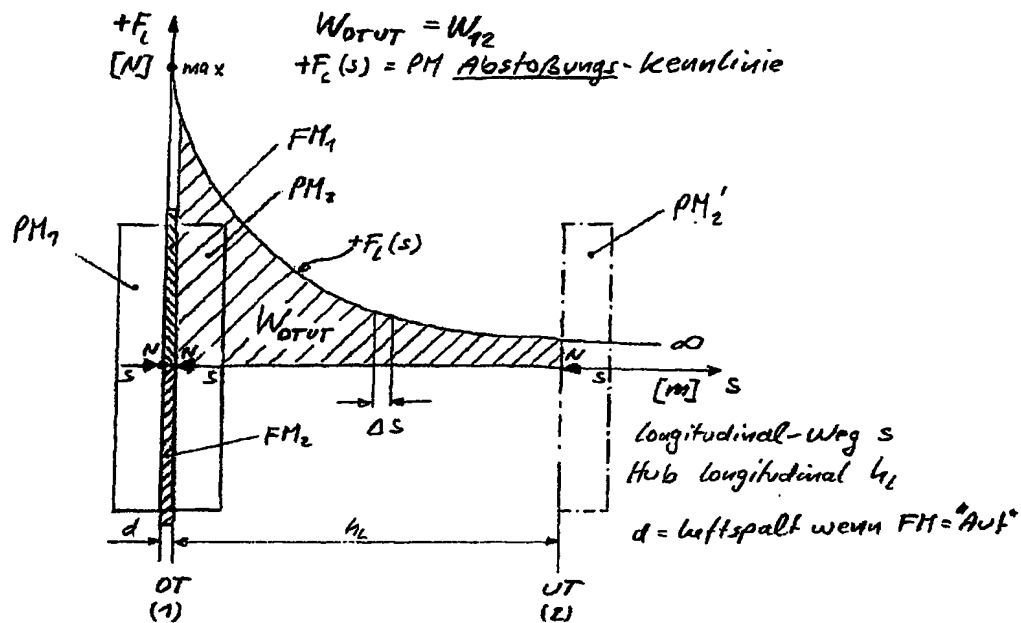
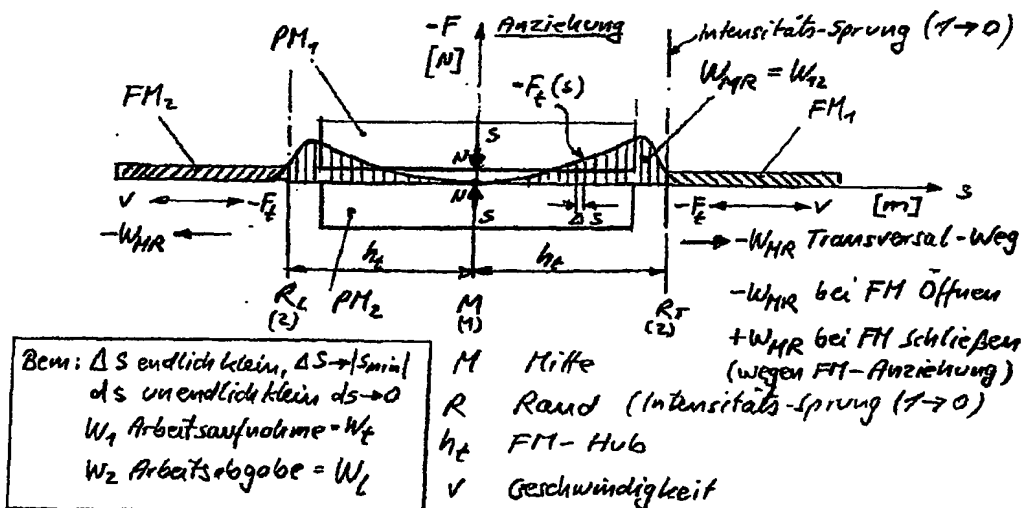


Fig. 130: Arbeitsprozeß

Fig. 131: Longitudinal-Arbeit W_l Fig. 132: Transversal-Arbeit W_t bei 2 symmetrischen FM's

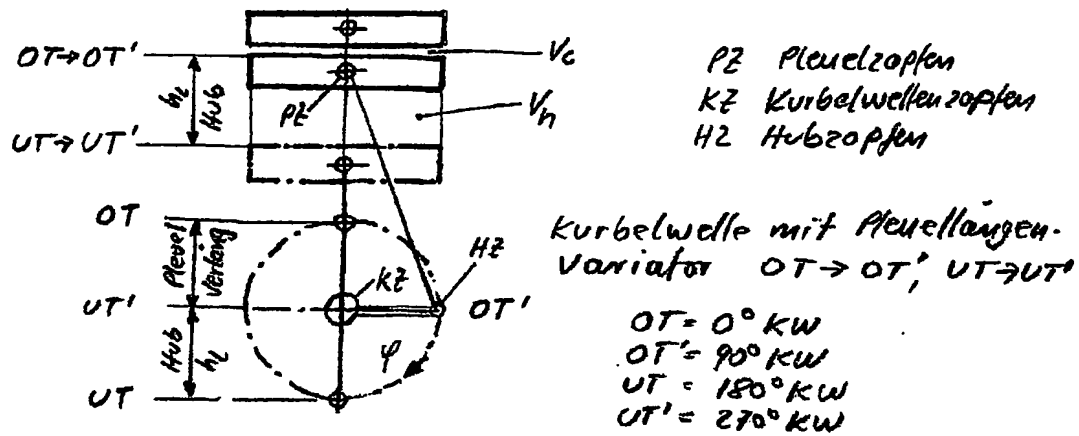


Fig. 133: Verdichtungsverhältnis, FKM mit Pleuellängen-Variator
 Hub $h = r_{KW}$

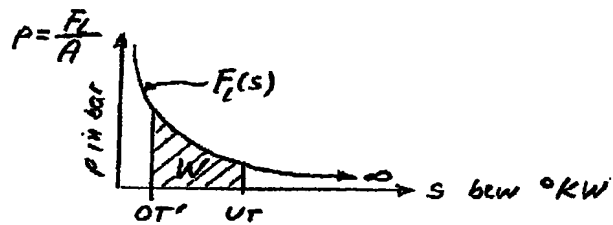


Fig. 134: Druckverlauf eines Kraftfeldes (Feldkraftmaschine)

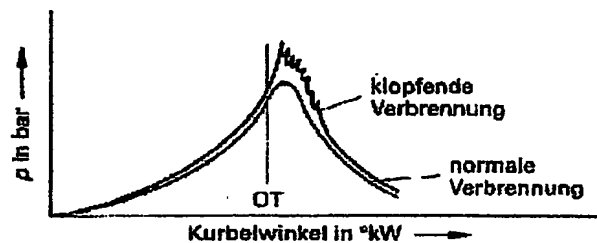


Fig. 135: Druckverlauf bei Verbrennung (Wärmekraftmaschine)

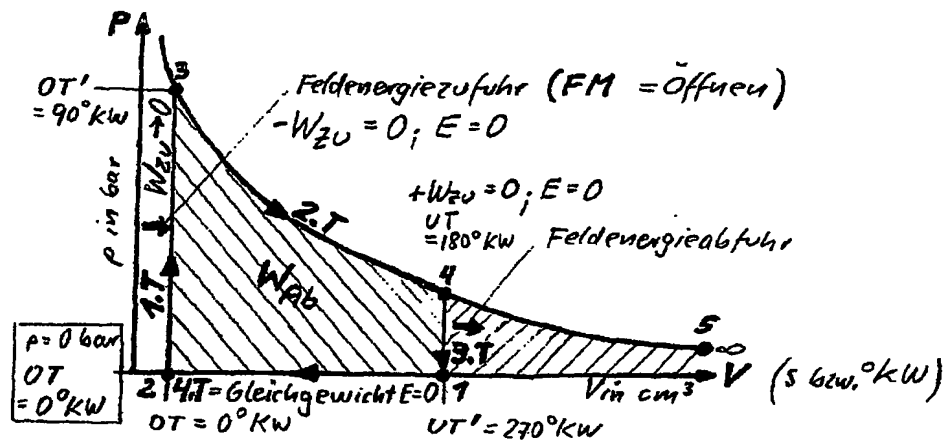


Fig. 136: Idealer Gleichraumprozess (p-V-Diagramm)

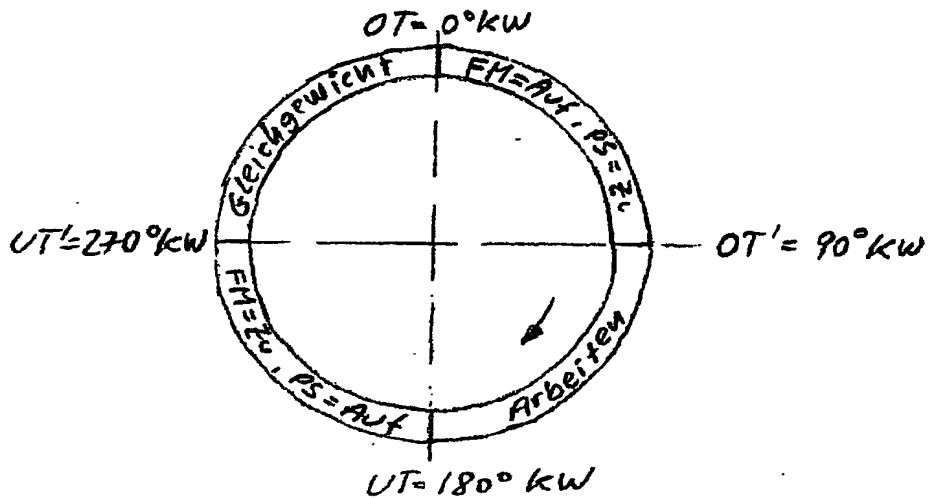


Fig. 137: Steuerdiagramm eines Feldkraft-Generators

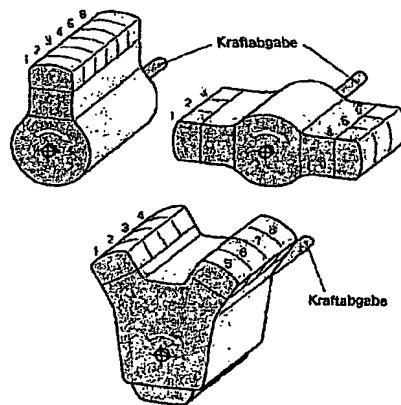


Fig. 138: Magnet-Zylindernummerierung

Einzyylinder stehend Kugellager			Zylinder Takte 1-4 1.FM "Auf" 2.Arbeiten 3.FM "Zu" 4.Rücklauf	FM Öffnungs- abstand 360°
Zweizylinder Boxermotor Kugellager				FM Öffnungs- abstand 180°
Zweizylinder Reihenmotor Kugellager				FM Öffnungs- abstand 180°
Dreizylinder Reihenmotor Kugellager				FM Öffnungs- abstand 120° Öffnungsfolge 1-3-2
Vierzylinder Reihenmotor Kugellager				FM Öffnungs- abstand 90° Öffnungsfolge 1-3-4-2 1-2-4-3
Vierzylinder Boxermotor Kugellager				FM Öffnungs- abstand 90° Öffnungsfolge 1-4-3-2
Fünfizylinder Reihenmotor Kugellager				FM Öffnungs- abstand 72° Öffnungsfolge 1-2-4-5-3
Sechszylinder Reihenmotor Kugellager				FM Öffnungs- abstand 60° Öffnungsfolge 1-5-3-6-2-4 (oder 1-2-4-6-5-3) (oder 1-5-4-6-2-3)
Achtzylinder V-Motor 90° Kugellager				FM Öffnungs- abstand 45° Öffnungsfolge 1-5-4-8-6-3-7-2 (1-8-3-6-4-5-2-7) (1-5-4-8-7-2-6-3)

Fig. 139: Kurbelwellen-Bauformen, FM-Öffnungs- und Arbeitstaktfolgen

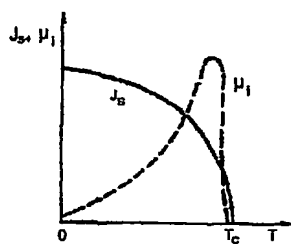


Fig. 140: Temperaturabhängigkeit von Sättigungspolarisation J_s und Anfangspermeabilität μ_i

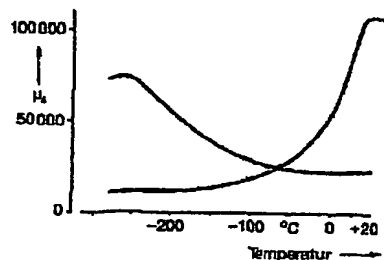


Fig. 141: Vergleich

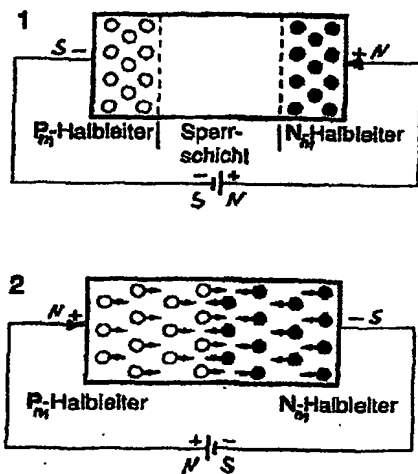


Fig. 142: 1 Sperrfall, 2 Durchlassfall

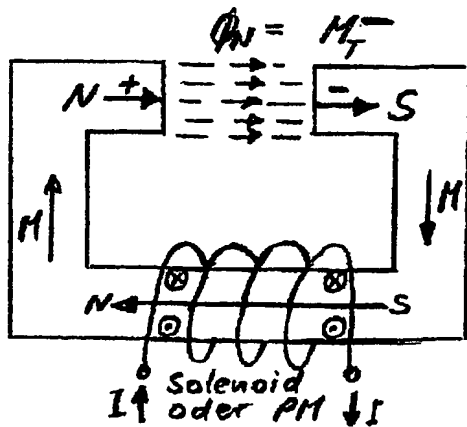
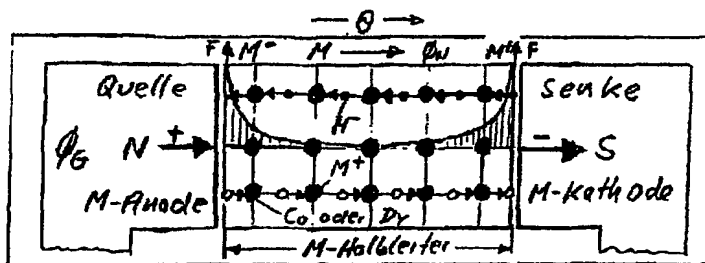
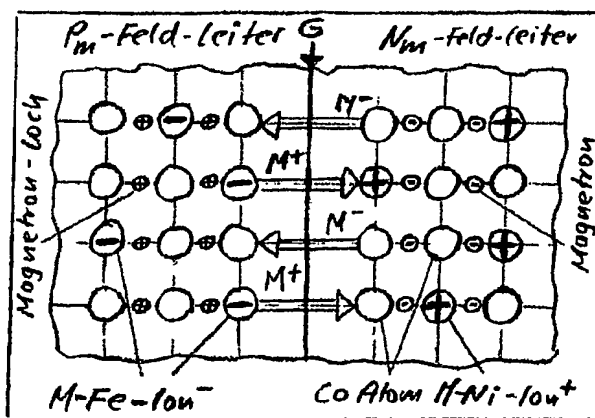


Fig. 143: Magnetischer Kreis



M-Strom/Fluß:

Fig. 144: Magnetronenleitung, Magnetronen-Löcher-Leitung



P_m-Feld-Leiter:
Leitung *positiver*
Magnetronen-Löcher M⁺
mit Basis-Moment μ_B^+

N_m-Feld-Leiter:
Leitung *negativer*
Magnetronen M⁻
mit Basis-Moment μ_B^-

Fig. 145: Wirkungsweise eine $P_m N_m$ - Übergangs

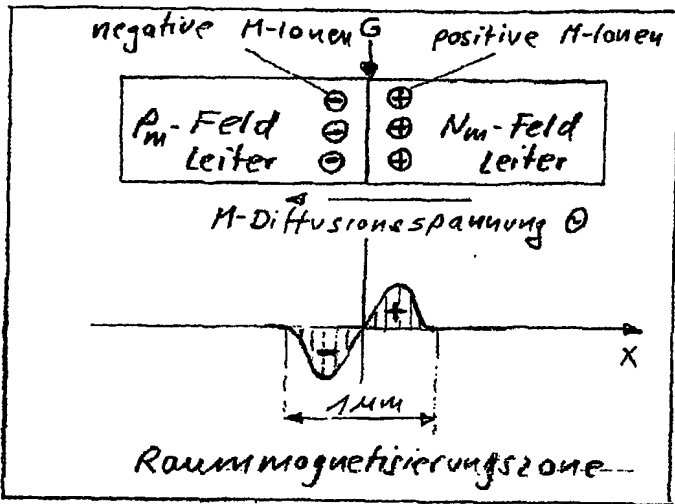


Fig. 146: $P_m N_m$ - Übergang ohne angelegte magn. Spannung Θ

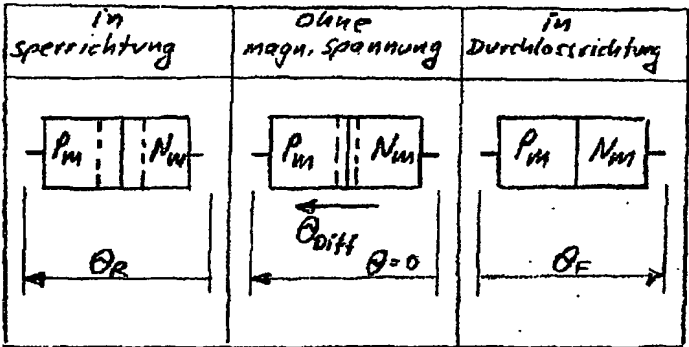


Fig. 147: $P_m N_m$ - Übergang mit angelegter magn. Spannung Θ

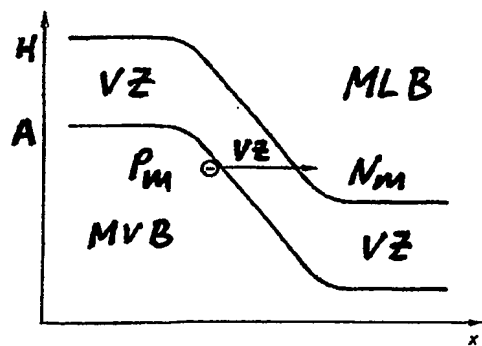


Fig. 148: Magnetische Analogie zum Zehner-Effekt

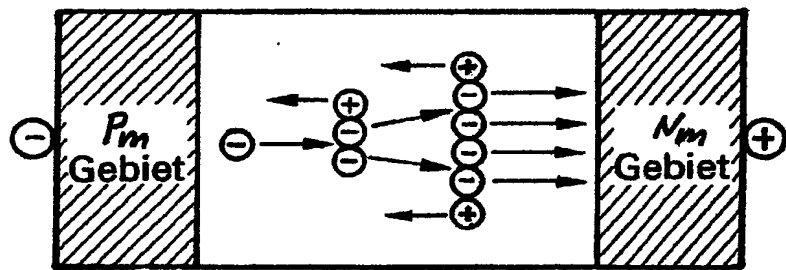


Fig. 149: Magnetische Lawinenmultiplikation im $P_m N_m$ -Übergang

M-Dioden									
Aufbau	M-Zener-Diode	M-Kapazitätsdiode	M-Schottky-Diode	M-Mikrowellen			M-Ab-sorptions Diode	M-Feld-emittierende Diode (MED)	M-Feld-emittierende Diode (MED) 2)
				M-Tunnel-diode	M-Impakt-Diode	M-Gunn-Diode	M-Spacher-Varaktoren		
Aufbau									
Kernziele	Hohe M-Feldstärke oder sehr schnelle M-Absorption	Abstimmung von M-Schwingkreis	Schnelle Schalter, M-Mikrowellen-gleichrichter	Wegen der Überlappung der M-Tunnel- und M-Schottky-Regionen vor Einsetzen des M-Ladungsflusses	Verschleissfreie M-Arbeit im M-Metal bzw. Halbleiter erzeugen eine M-Feldstärke	Eine Domäne "ge-stauter" M-Elektronen (Hochfeld-Domäne) wandert mit einer bestimmten Geschwindigkeit durch den Kristall	Bei Polung in der Durchrichtung werden M-Elektronen in die Zone gesammelt, die beim Umpolen in die Sperrichtung sehr schnell (10^9/s) entleert werden.	Umkehrung des M-Effekts: Freie M-Elektronen anheben sich und senden	Umkehrung des M-Effekts: Freie M-Elektronen anheben sich und senden
	Hohe M-Feldstärke oder sehr schnelle M-Absorption	Abstimmung von M-Schwingkreis	Schnelle Schalter, M-Mikrowellen-gleichrichter	Wegen der Überlappung der M-Tunnel- und M-Schottky-Regionen vor Einsetzen des M-Ladungsflusses	Verschleissfreie M-Arbeit im M-Metal bzw. Halbleiter erzeugen eine M-Feldstärke	Eine Domäne "ge-stauter" M-Elektronen (Hochfeld-Domäne) wandert mit einer bestimmten Geschwindigkeit durch den Kristall	Bei Polung in der Durchrichtung werden M-Elektronen in die Zone gesammelt, die beim Umpolen in die Sperrichtung sehr schnell (10^9/s) entleert werden.	Umkehrung des M-Effekts: Freie M-Elektronen anheben sich und senden	Umkehrung des M-Effekts: Freie M-Elektronen anheben sich und senden
Anwendungen	M-Spannungs-stabilisierung, M-Signalfbegrenzung	Abstimmung von M-Schwingkreis	Schnelle Schalter, M-Mikrowellen-gleichrichter	Wegen der Überlappung der M-Tunnel- und M-Schottky-Regionen vor Einsetzen des M-Ladungsflusses	Verschleissfreie M-Arbeit im M-Metal bzw. Halbleiter erzeugen eine M-Feldstärke	Eine Domäne "ge-stauter" M-Elektronen (Hochfeld-Domäne) wandert mit einer bestimmten Geschwindigkeit durch den Kristall	Bei Polung in der Durchrichtung werden M-Elektronen in die Zone gesammelt, die beim Umpolen in die Sperrichtung sehr schnell (10^9/s) entleert werden.	Umkehrung des M-Effekts: Freie M-Elektronen anheben sich und senden	Umkehrung des M-Effekts: Freie M-Elektronen anheben sich und senden
	M-Spannungs-stabilisierung, M-Signalfbegrenzung	Abstimmung von M-Schwingkreis	Schnelle Schalter, M-Mikrowellen-gleichrichter	Wegen der Überlappung der M-Tunnel- und M-Schottky-Regionen vor Einsetzen des M-Ladungsflusses	Verschleissfreie M-Arbeit im M-Metal bzw. Halbleiter erzeugen eine M-Feldstärke	Eine Domäne "ge-stauter" M-Elektronen (Hochfeld-Domäne) wandert mit einer bestimmten Geschwindigkeit durch den Kristall	Bei Polung in der Durchrichtung werden M-Elektronen in die Zone gesammelt, die beim Umpolen in die Sperrichtung sehr schnell (10^9/s) entleert werden.	Umkehrung des M-Effekts: Freie M-Elektronen anheben sich und senden	Umkehrung des M-Effekts: Freie M-Elektronen anheben sich und senden

Fig. 150: M-Dioden

M-Bipolare Transistoren			M- Unipolare Transistoren						
			M-Uni- junkt- Transistort	M-Feldeffekt-Transistoren					
				M- Sperr- schicht- FET		M- Isolierschicht-FET			
						P _m -Kanal		N _m -Kanal	
N _m P _m N _m	P _m N _m P _m	MIG-BT	N _m -Typ	P _m -Kanal	N _m -Kanal	Anrei- che- rung	Verar- mung	Anrei- che- rung	Verar- mung

Fig. 151: M-Transistor-Arten

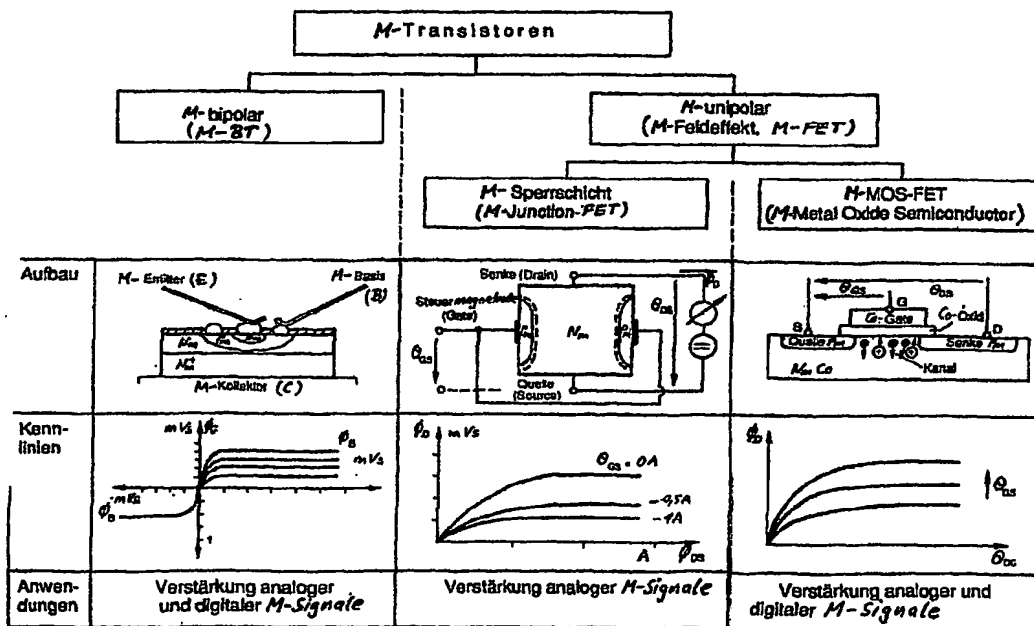


Fig. 152: Aufbau und Eigenschaften von M-Transistoren

Typ	Zonenfolge	Diodenvergleich	Schaltzeichen
M-NPN	 Kollektor Basis Emmitter	 C B E	 C B E
M-PNP	 Kollektor Basis Emmitter	 C B E	 C B E

Fig. 153: Aufbau und Schaltzeichen bipolarer M-Transistoren

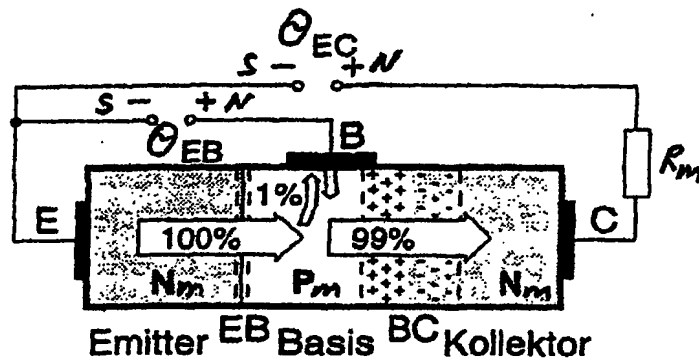


Fig. 154: Bauformen des M-Flächentransistors

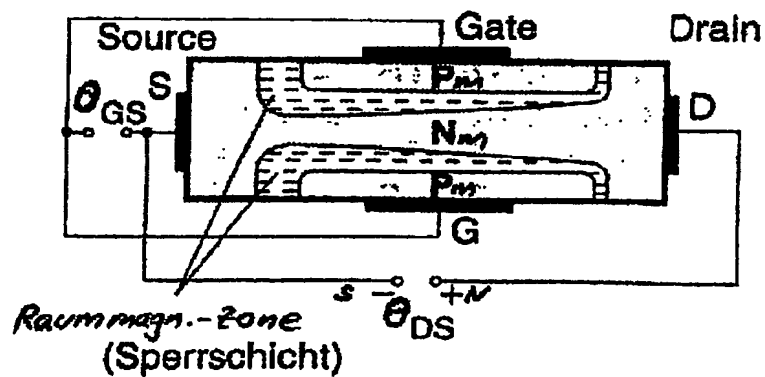


Fig. 155: Sperrschicht M-FET = M-NMOS

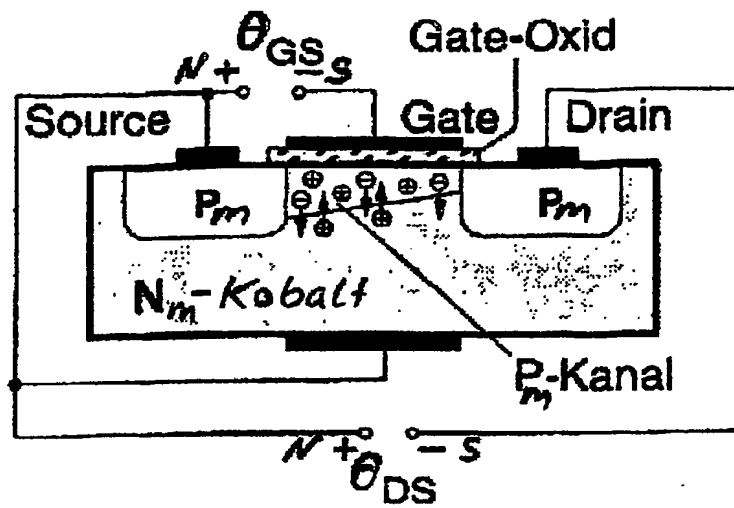


Fig. 156: Isolierschicht M-FET = M-PMOS

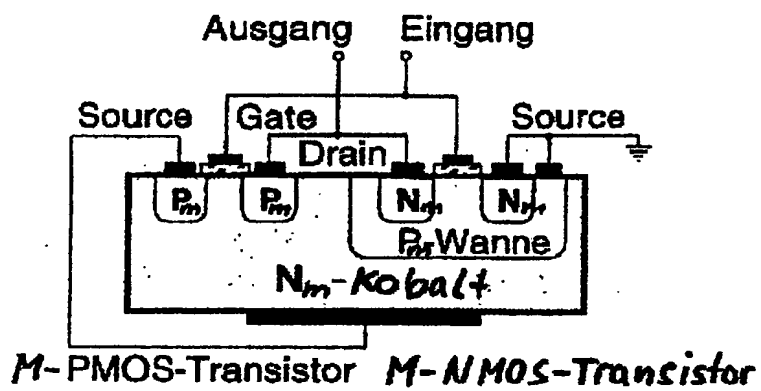


Fig. 157: M-CMOS-Transistorpaar

Aufbau von M-Isolierschicht-FET (Fig. 158, 159, 160, 161)

1. P_m-Kanal, magnetisch selbstleitend (Fig. 158, 159)

$\Phi_D \rightarrow$ Verarmung M^- , $\mu \rightarrow \min$

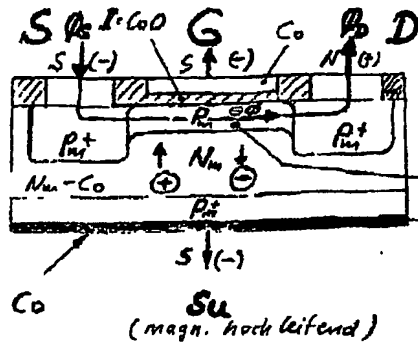


Fig. 158: Variante A für Chip

P_m-Kanal, selbstleitend:

$-\Theta_G \rightarrow \max \rightarrow \mu \rightarrow \max \rightarrow \Phi_{SD} \rightarrow \max$

äquivalent zu:

$-\Theta_G \rightarrow \max \rightarrow \mu \rightarrow \max \rightarrow B_{SD} \rightarrow \max$

Beachte B-H_a-Kennlinie mit B₂ und H_{a2}
Punkten mit μ_{\max} .

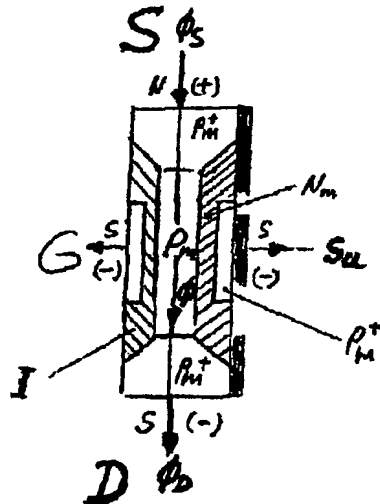


Fig. 159: Variante B für FM

P_m-Kanal = magn. P_m-Kanal

N_m: dotiert mit Leitungs-Magnetronen

M⁻ (Bindungen)

P_m: dotiert mit Magnetronen-Löcher

M⁺ (Bindungslücken)

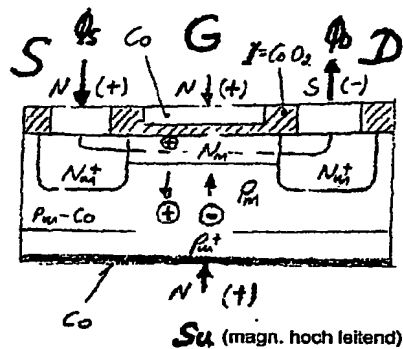
P_m⁺ hohe magn. Leitfähigkeit an den Kontaktflächen

Im P_m -Kanal:

1. Magnetronen $M^- \rightarrow$ Fluß = max = leitfähiger Kanal
2. Bei $-\Theta_G \rightarrow$ Magnetronen M^- min = Verdrängung M^- aus dem Kanal
 \rightarrow Strom/Fluß Φ_{SD} min.

Alternativ: N_m -Kanal, magn. selbstleitend**2. N_m -Kanal, magnetisch selbstsperrend (Fig. 160, 161)**

$\Phi_D \rightarrow$ Anreicherung M^+ , $\mu \rightarrow$ max

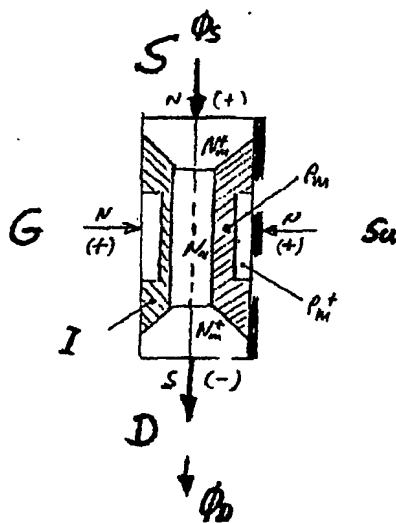
 **N_m -Kanal, selbstsperrend:**

$+\Theta_G \rightarrow \max \rightarrow \mu \rightarrow \max \rightarrow +\Phi_{SD} \rightarrow \max$
 äquivalent zu:

$+H_G \rightarrow \max \rightarrow \mu \rightarrow \max \rightarrow +B_{SD} \rightarrow \max$

Beachte B-H_a-Kennlinie mit B₂ und H_{a2}
 Punkten mit μ_{\max} .

Fig. 160: Variante A für Chip



P_m -Kanal = magn. P_m -Kanal

N_m : dotiert mit

Leitungs-Magnetronen

M^- (Bindungen)

P_m : dotiert mit Magnetronen-Löcher

M^+ (Bindungslücken)

P_m^+ hohe magn. Leitfähigkeit a
 den Kontaktflächen

Fig. 161: Variante B für FM

Im N_m -Kanal:

1. Magnetronen-Löcher $M^+ \rightarrow \text{Fluß} = 0 = \text{Kanal nicht leitend}$
2. Bei $+O_G \rightarrow \text{Magnetronen } M^- \text{ max} = \text{Kanal leitend}$
 $\Rightarrow \text{Strom/Fluß } \Phi_{SD} \text{ max.}$

Halbleiterelement	Kanal-Typ	Magnetisierungsträger	Schaltzeichen
Sperrschicht M-FET M-JFET	N_m -Kanal	Verarmung	
	P_m -Kanal	Verarmung	
Isolierschicht M-MOS-FET M-IG-FET	N_m -Kanal	Anreicherung	
	N_m -Kanal	Verarmung	
	P_m -Kanal	Verarmung	
	P_m -Kanal	Anreicherung	

Fig. 162: M-Halbleiterelemente, Kanal-Typ, Magnetisierungsträger, Schaltzeichen

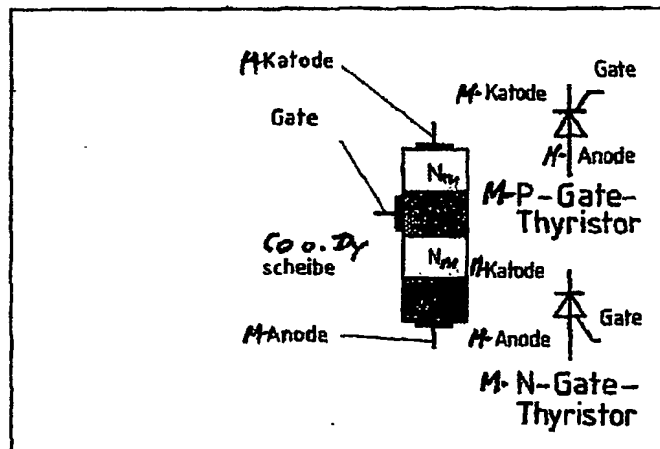


Fig. 163: M-Thyristorarten mit Schaltzeichen

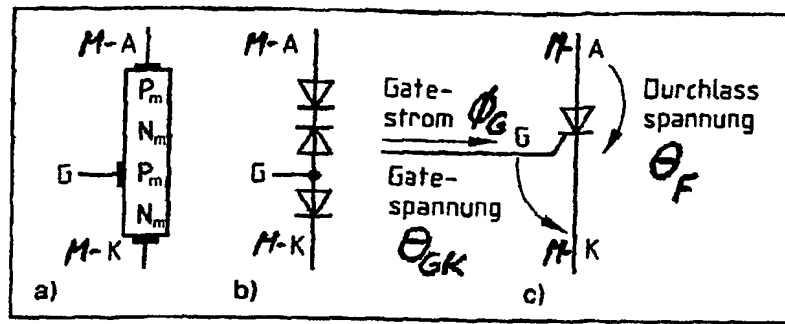


Fig. 164 a-c: M-Thyristoraufbau und M-Thyristorkennwerte

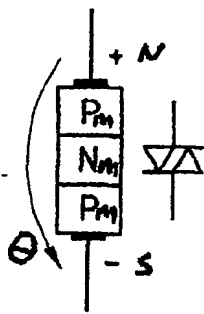


Fig. 165: Aufbau, Schaltzeichen

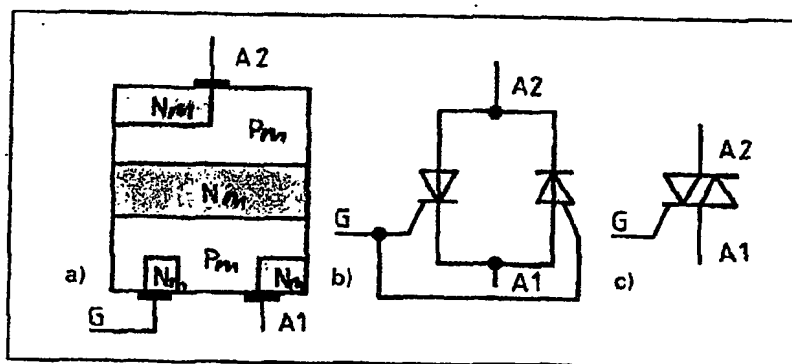


Fig. 166 a-c: M-Triac-Aufbau, M-Ersatzschaltung und Schaltzeichen

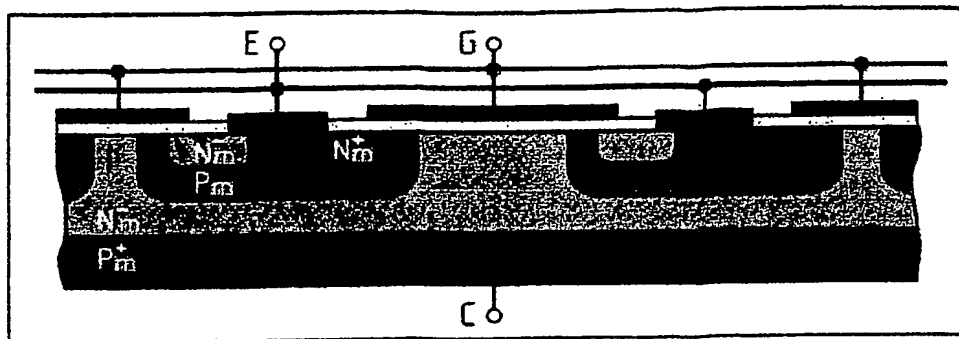


Fig. 167: M-Halbleiterstruktur eines M-IGBT

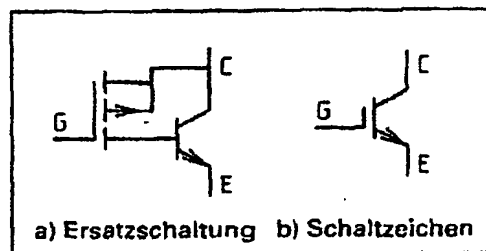


Fig. 168: Schaltzeichen des M-IGBT

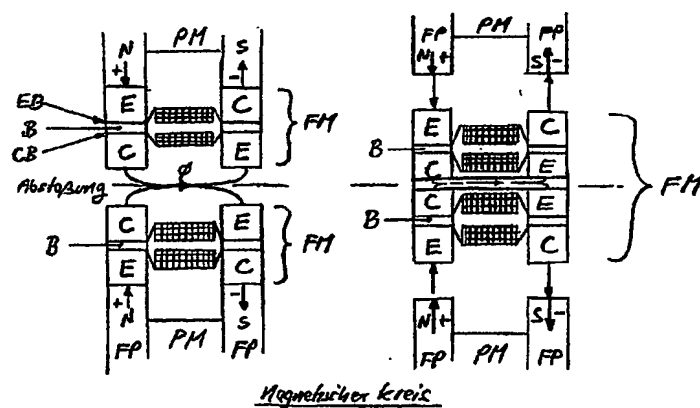


Fig. 169: M-BT Inline-FM-Konstruktion

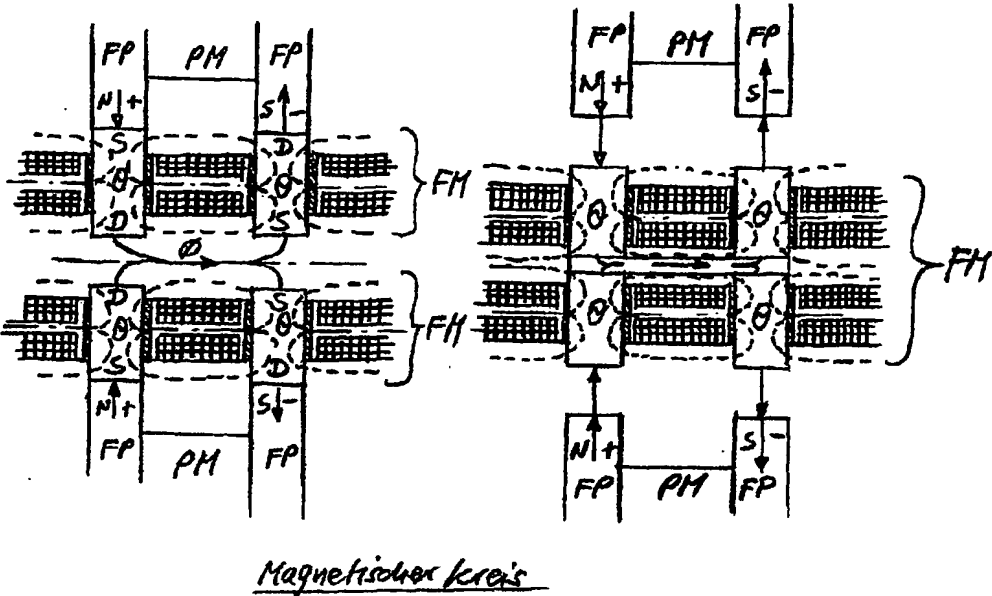
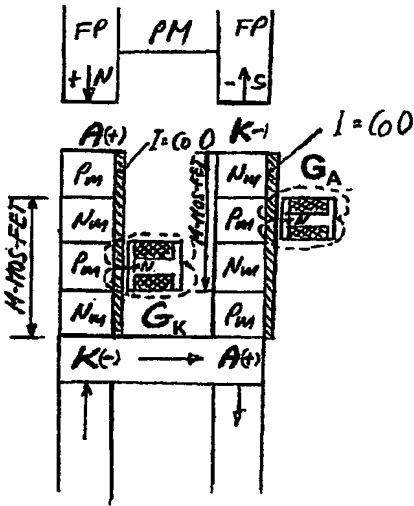
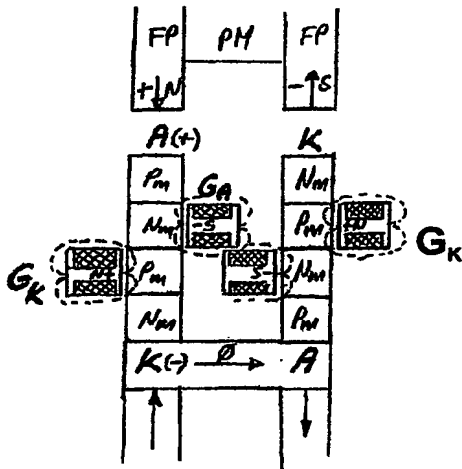


Fig. 170: M-IG-FET Inline FM-Konstruktion

M-Thyristortetrode

M-IGTB



A Anode
K Katode
GA Anodengate
G_K katodengate

I M-Isolator = Diamagnetikum

Fig. 171: M-IGBT Inline FM-Konstruktion

Feldkraftgenerator (Beispiel FKG mit 1 PM-Paar und 2 symmetrisch kinematischen FM's)

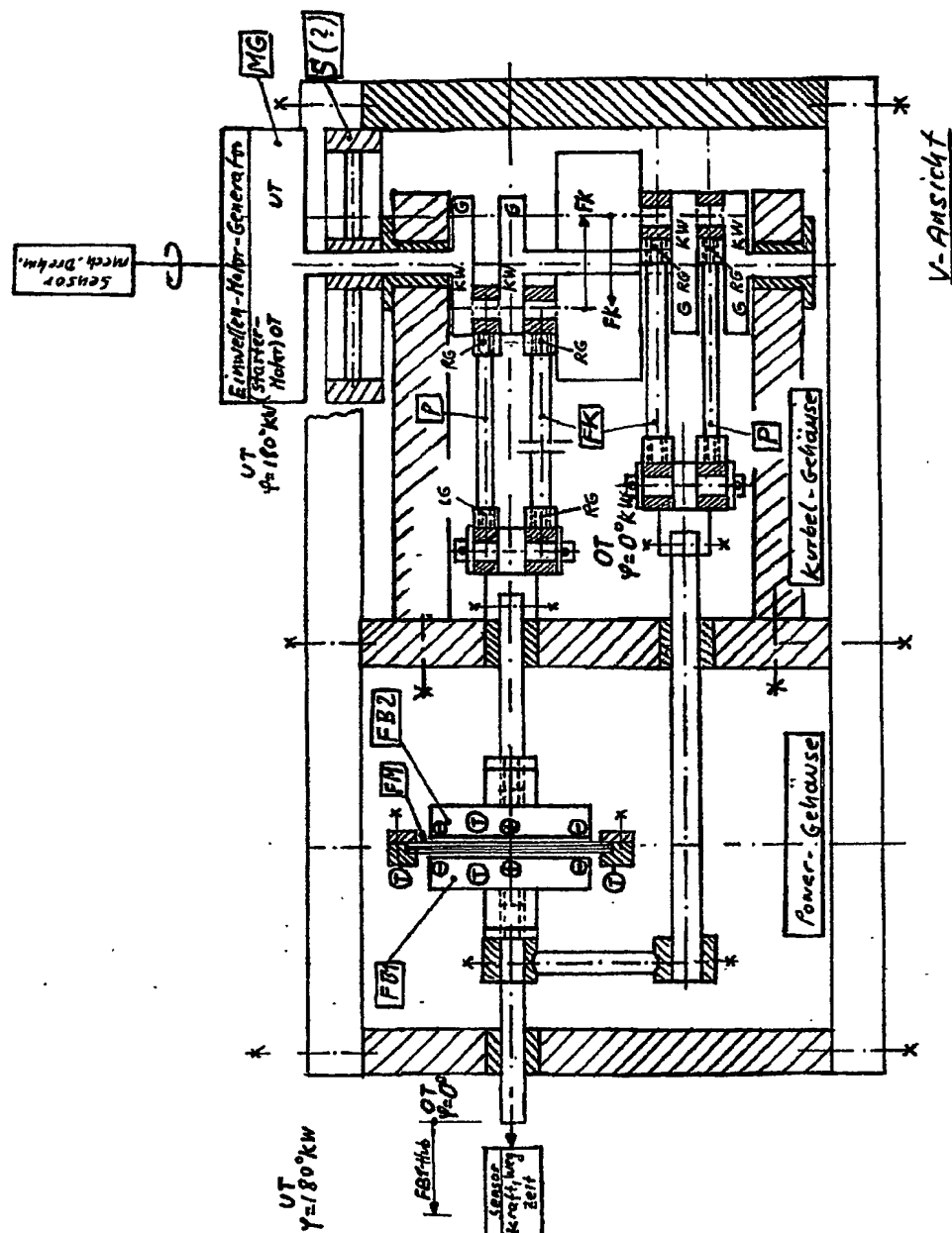


Fig. 172 a: Vertikal-Schnitt

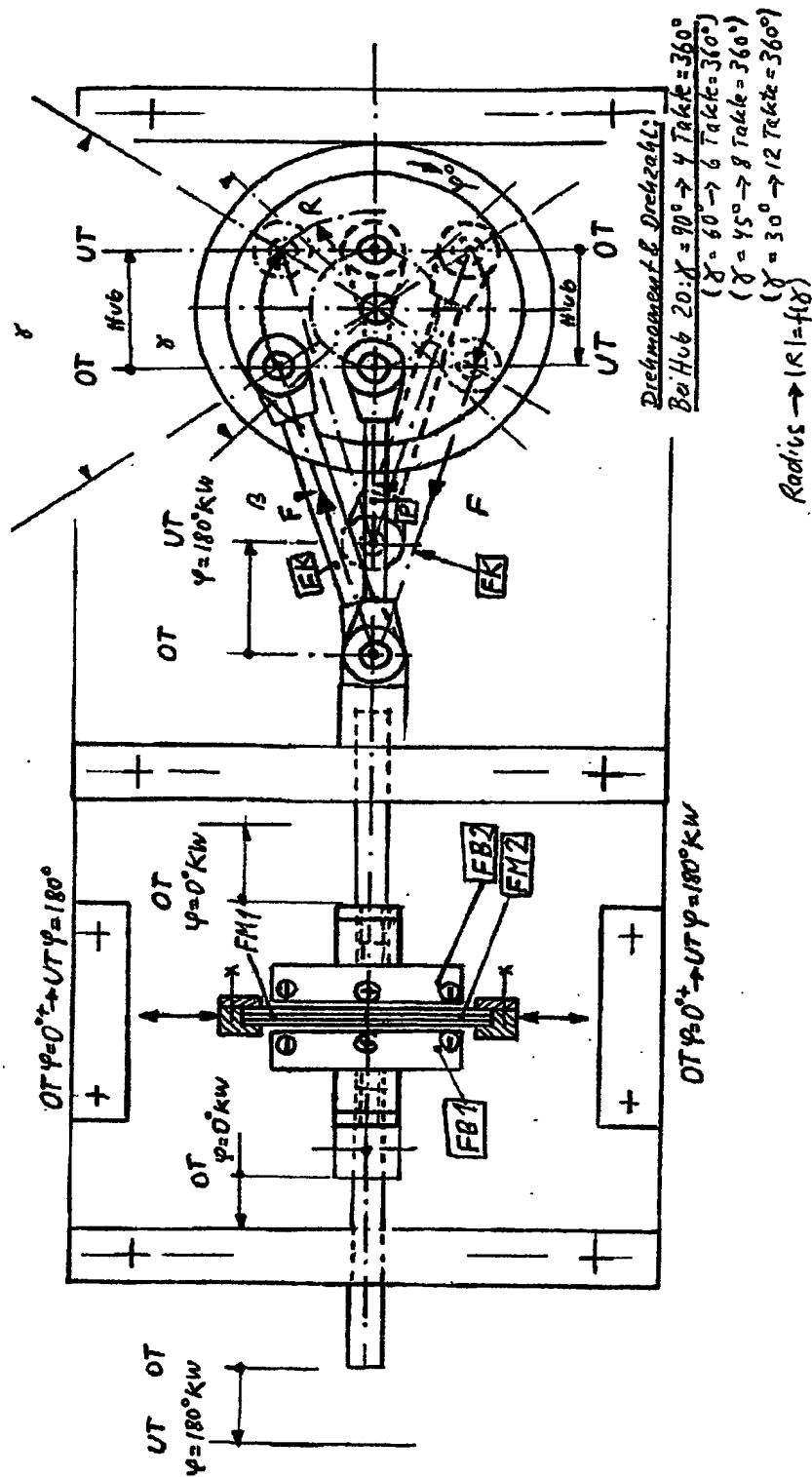


Fig. 172 b: Aufsicht

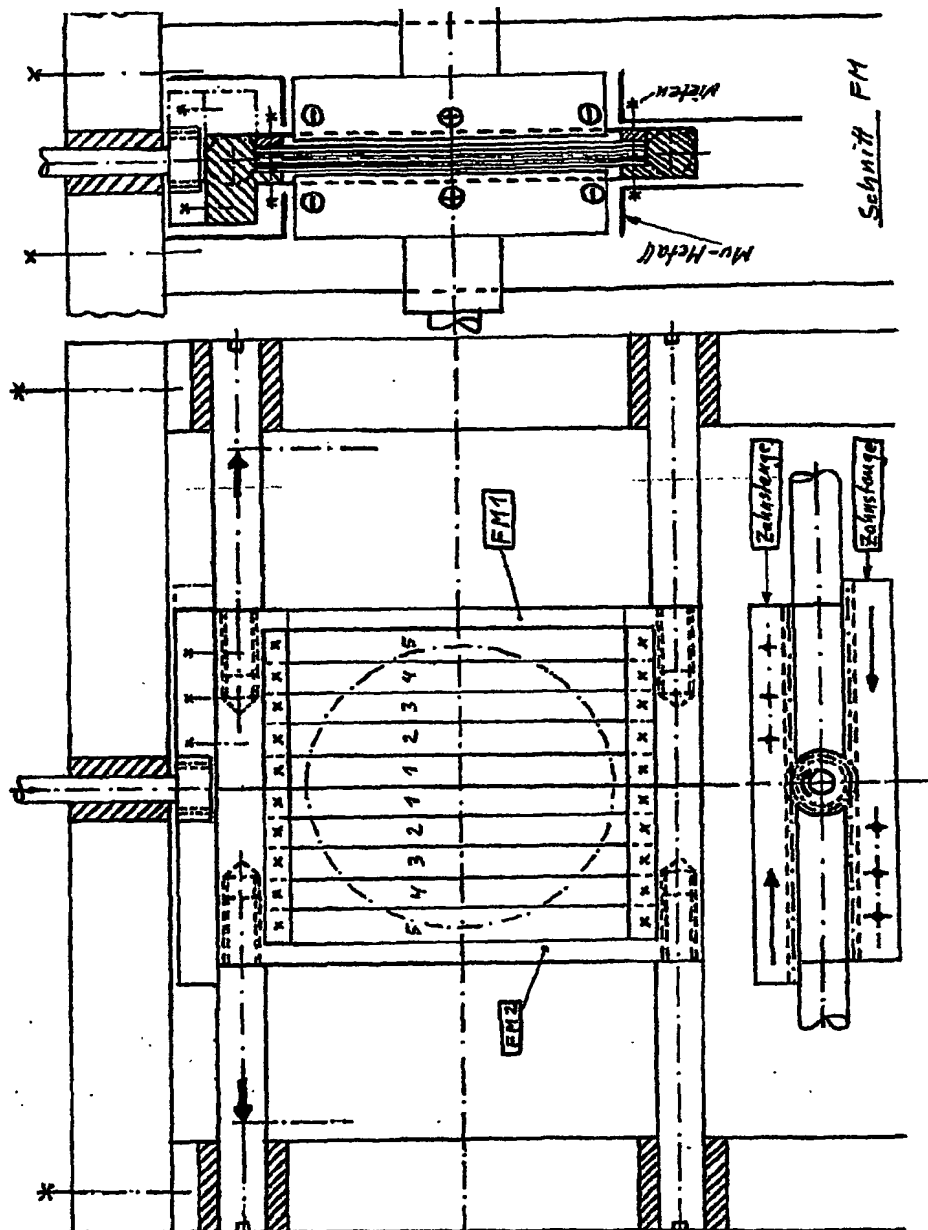


Fig. 172 c: Prinzip symmetrische FM-Anordnung

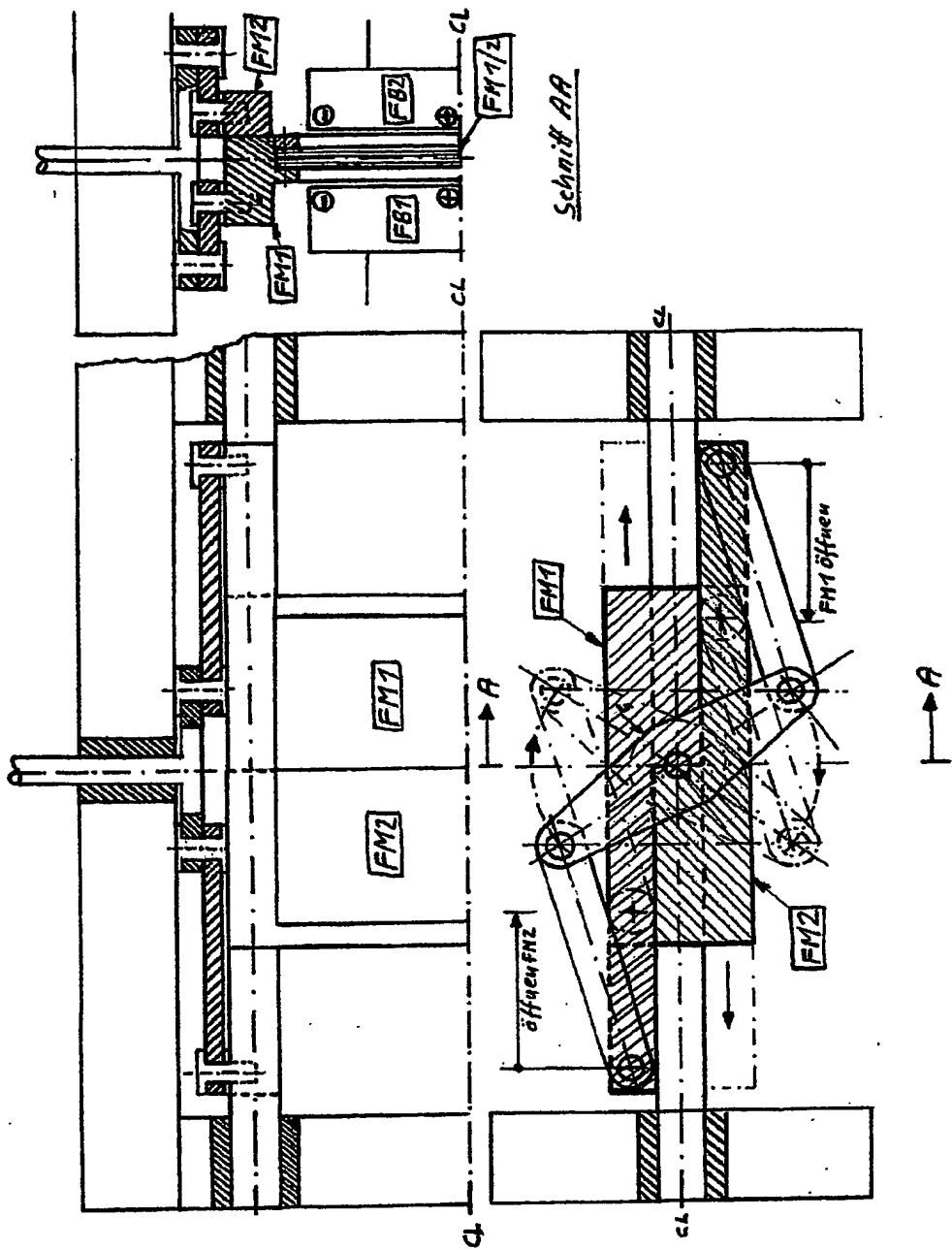


Fig. 172 d: Detail FM Schaltmechanismus

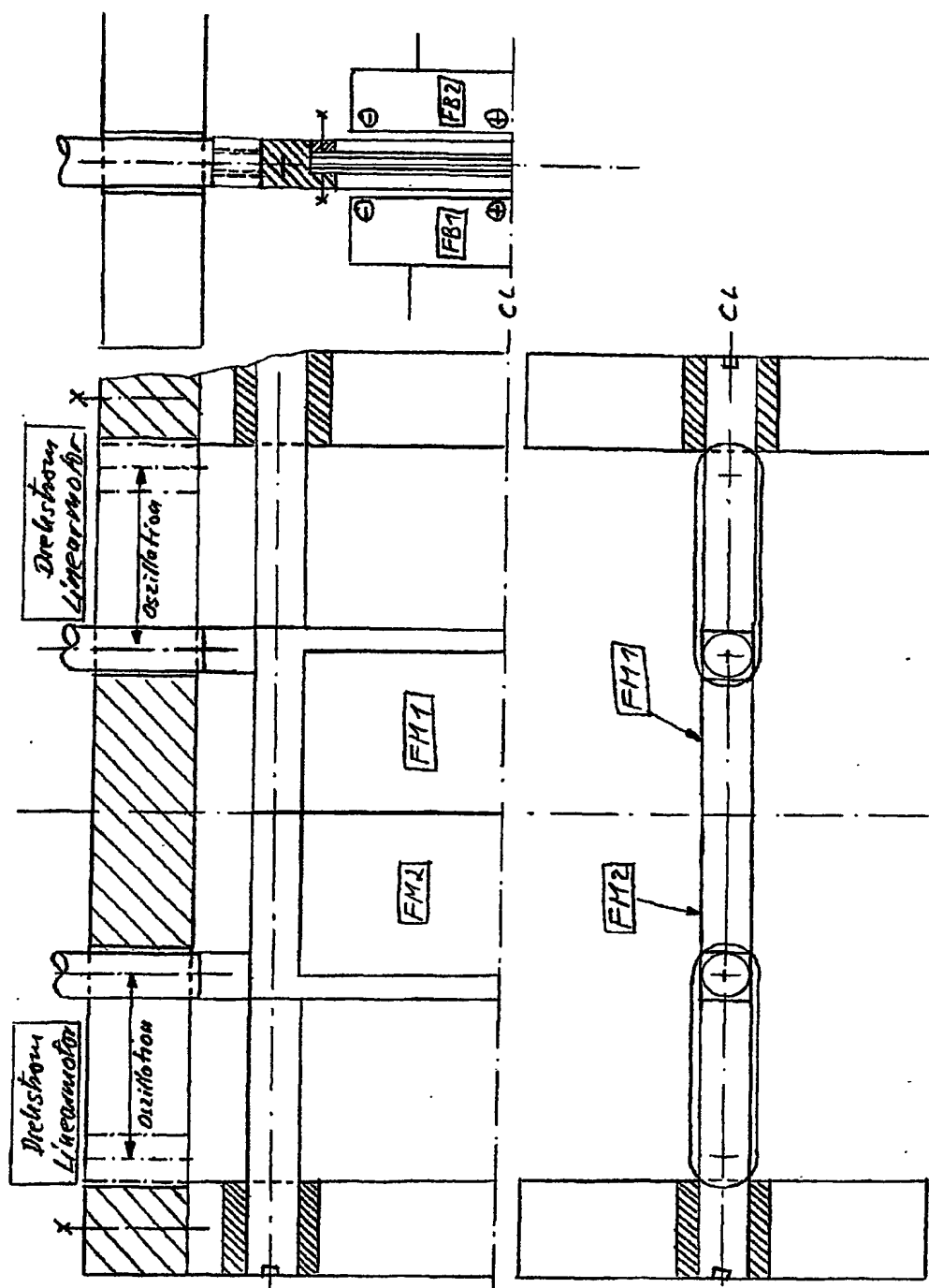


Fig. 172 e: Vertikal -Schnitt FM

FKM-Steuerung

Blockschaltbild

A 7.1, 24.10.02, Prof. Wenz

I. Steuergeräte			II. Meßgeräte		
1.0 Power	2.0 FM	3.0 FKM-LR	7.0 FM-M	2.0 FM-E	3.0 FKM

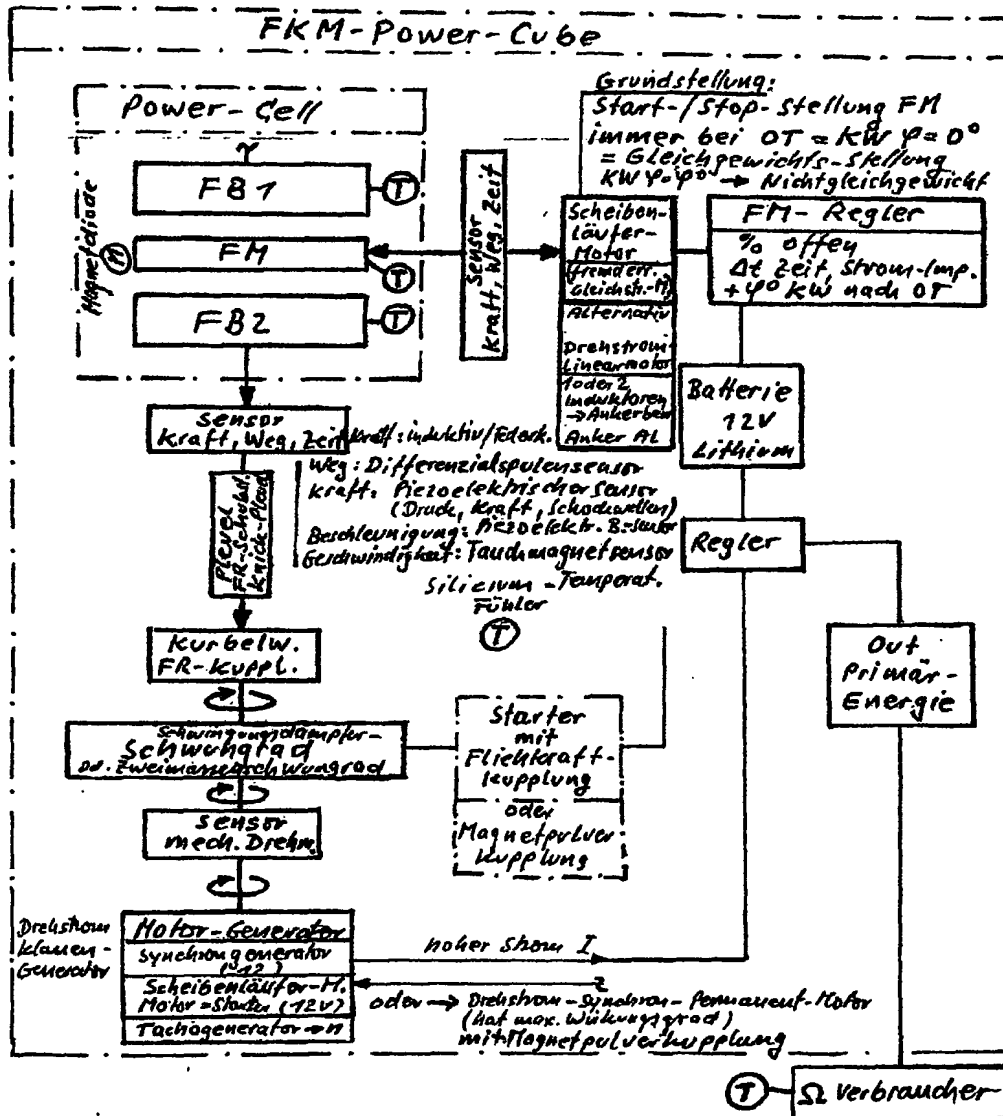


Fig. 173: FKM-Steuerung, Blockschaltbild

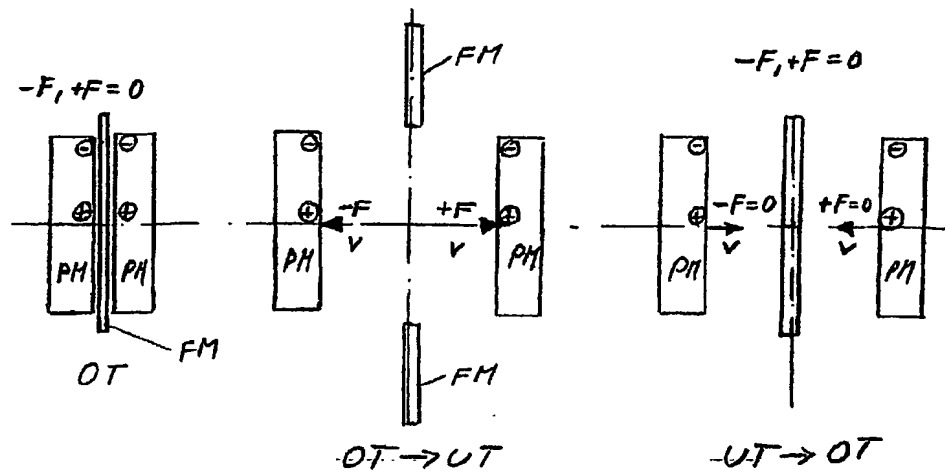
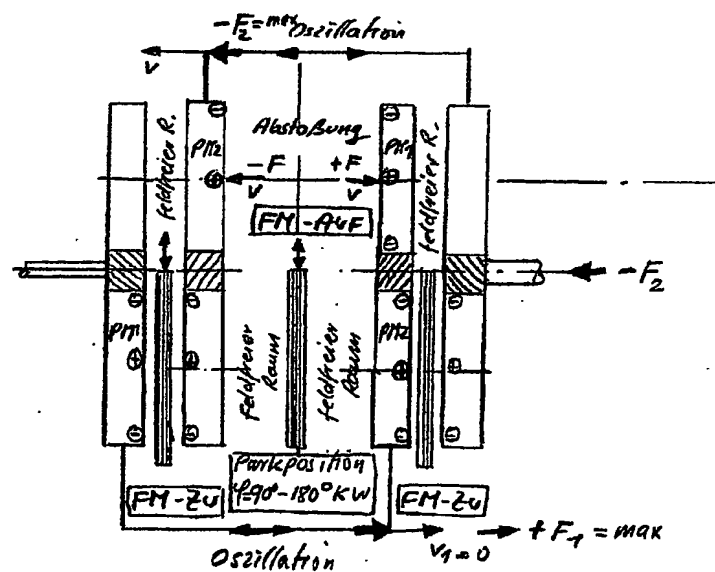


Fig. 174 a: Single-PM's



UT-Stellung = Takt 2 bei $\varphi = 180^\circ \text{KW}$
(Draufsicht)

Fig. 174 b: Multiple PM's = Feldbatterie

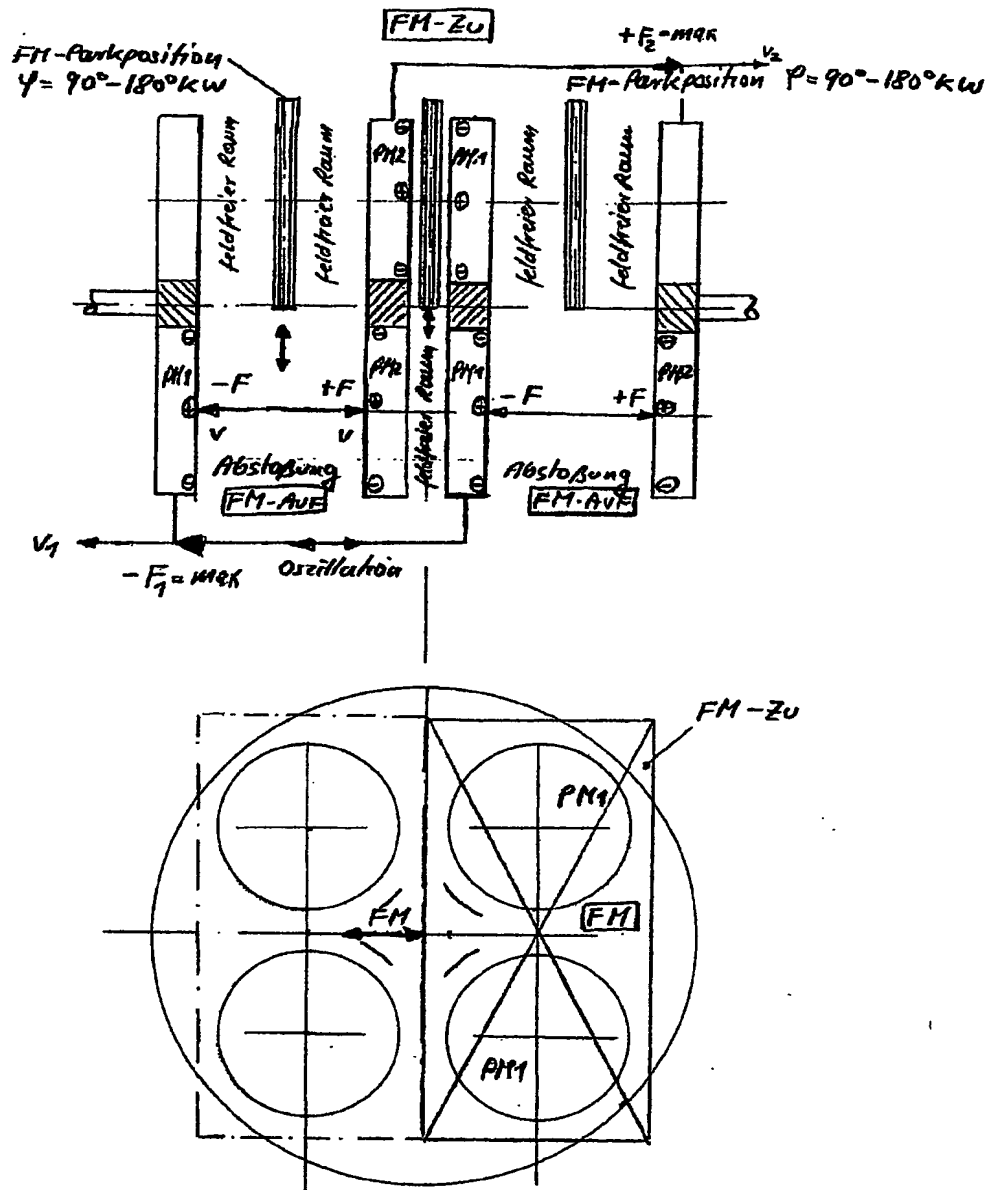


Fig. 174 c: OT-Stellung = Takt 1 bei $\varphi = 90^\circ \text{ kw}$

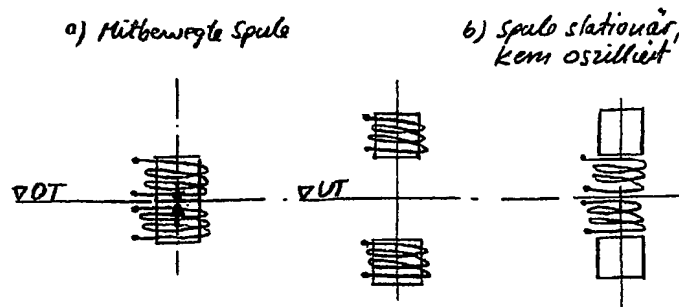


Fig. 175: Zwei-Magneter-Prinzip. a) Mitbewegte Spule, b) Spule stationär, Kern oszilliert. Beachte Impulsspermeabilität.

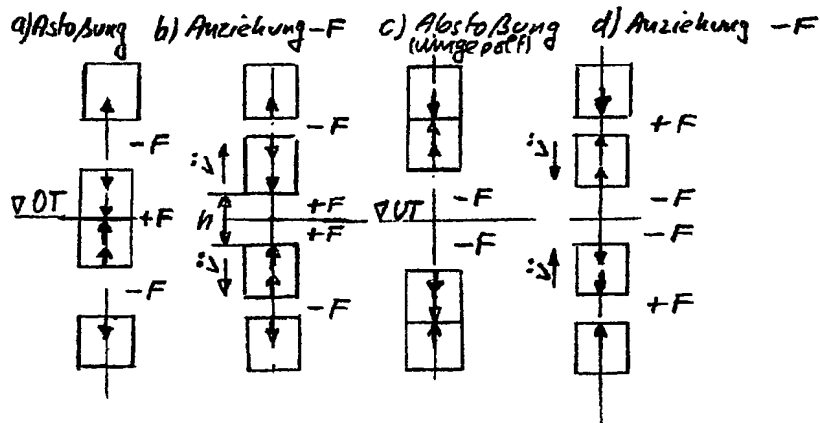


Fig. 176: Kopplung von 2 Magneten bei OT+UT: Oszillation

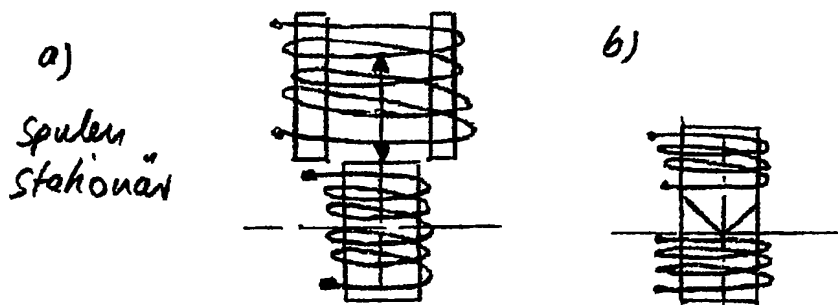


Fig. 177: a) Tauchspule oder b) Konus, $F = B^2 \cdot A / 2 \mu_0$, $A'(\alpha) > A(0^\circ)$

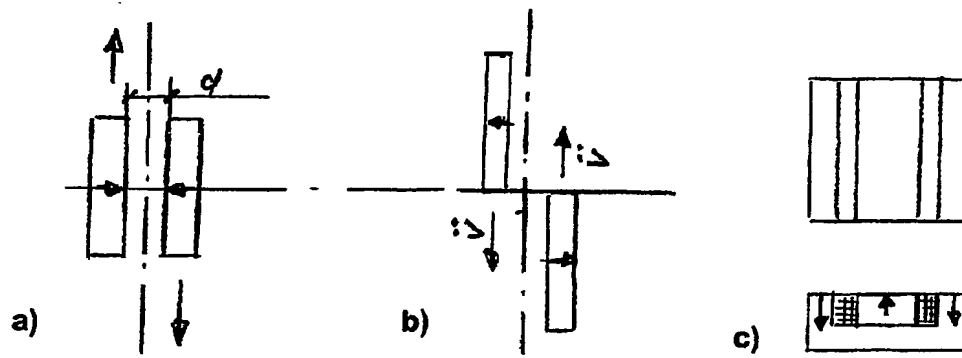


Fig. 178: Transversal-Prinzip. a) Abstoßung OT, Luftspalt d = konstant
b) Anziehung UT Luftspalt d = konstant. c) Topf-System, rechteckig.



Fig. 179: Magneter + Induktor. Magneter stationär, Induktor oszilliert als Kolben: a) "Ein" = Abstoßung bei OT, b) "Aus" = Anziehung bei UT.

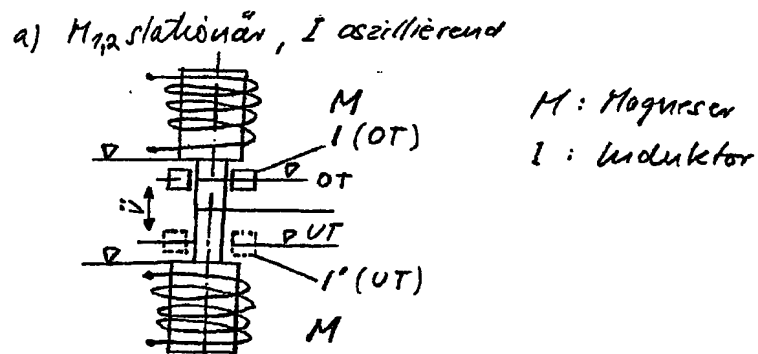


Fig. 180: OT-Magneter-Induktor - UT-Magneter (M-I-M).

Zeichnungen (Fig. 181 – 183)

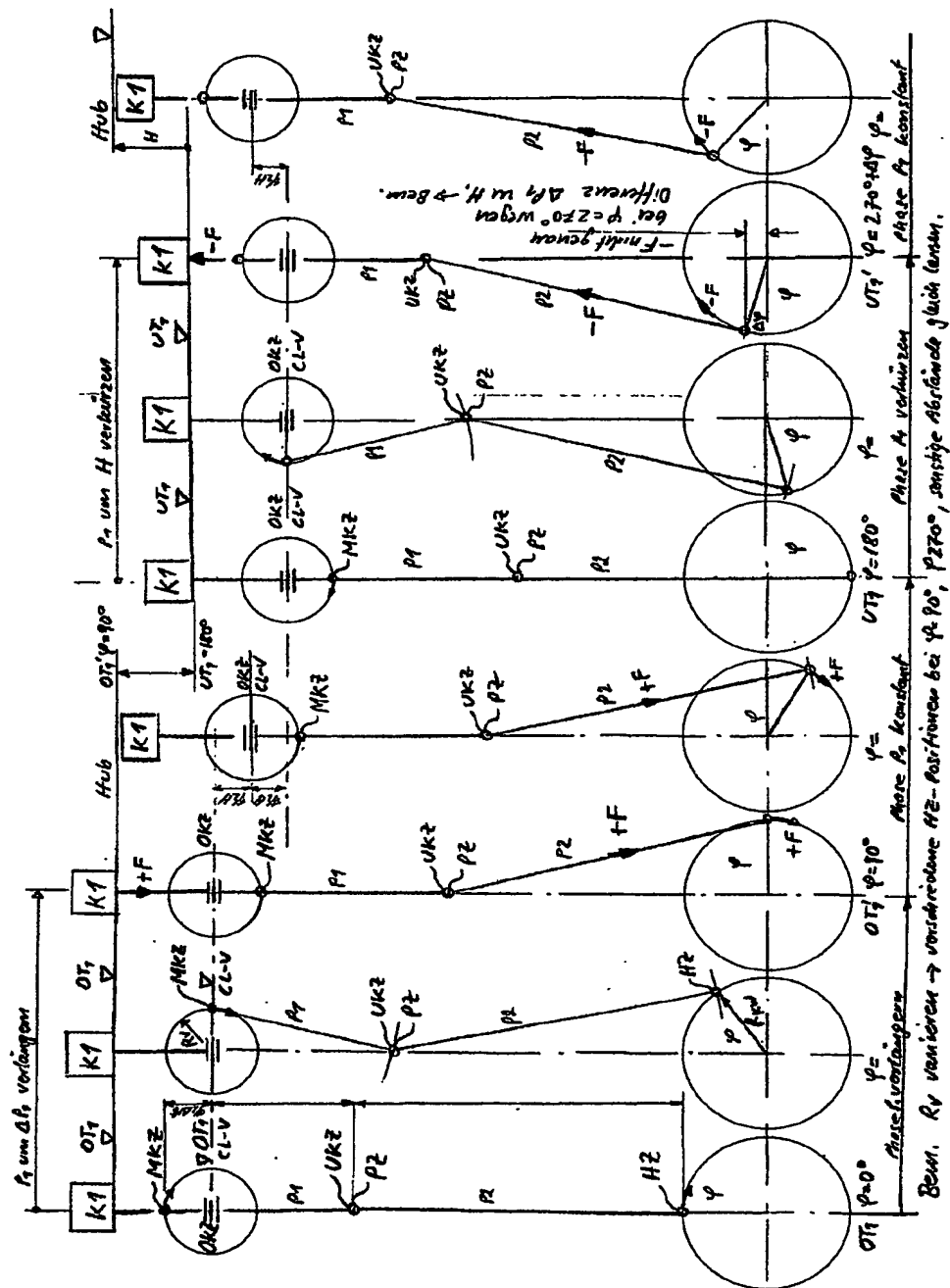


Fig. 181: ΔP_1 -Steuerdiagramm, ΔP_1 -Pleuellängen-Variator (explizite Lösung) asymmetrisch bei $\varphi = 270^\circ + \varphi$, weil $H \neq \Delta P_1 \bullet R_v = \frac{1}{2} \Delta P_1$.

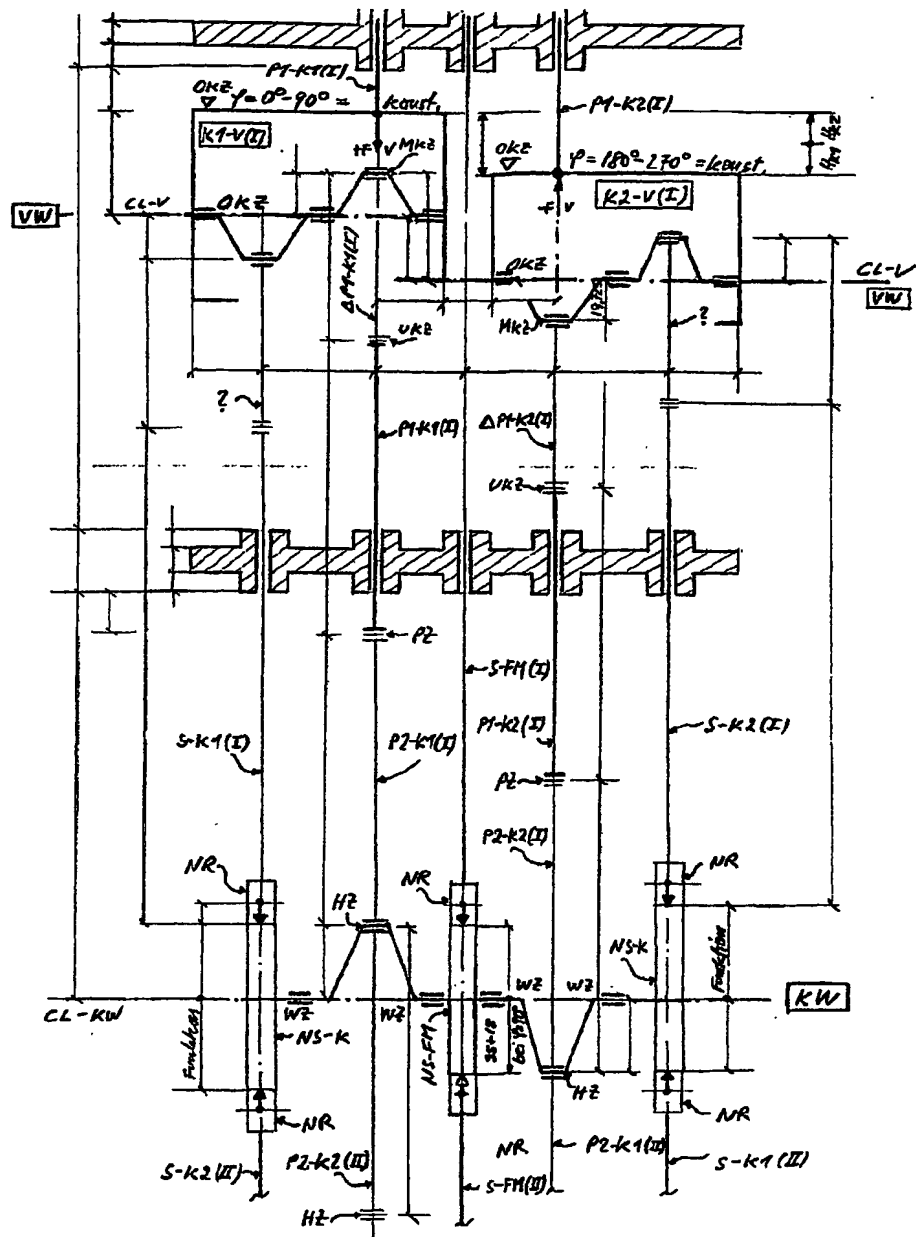


Fig. 182: Mechanischer Aufbau

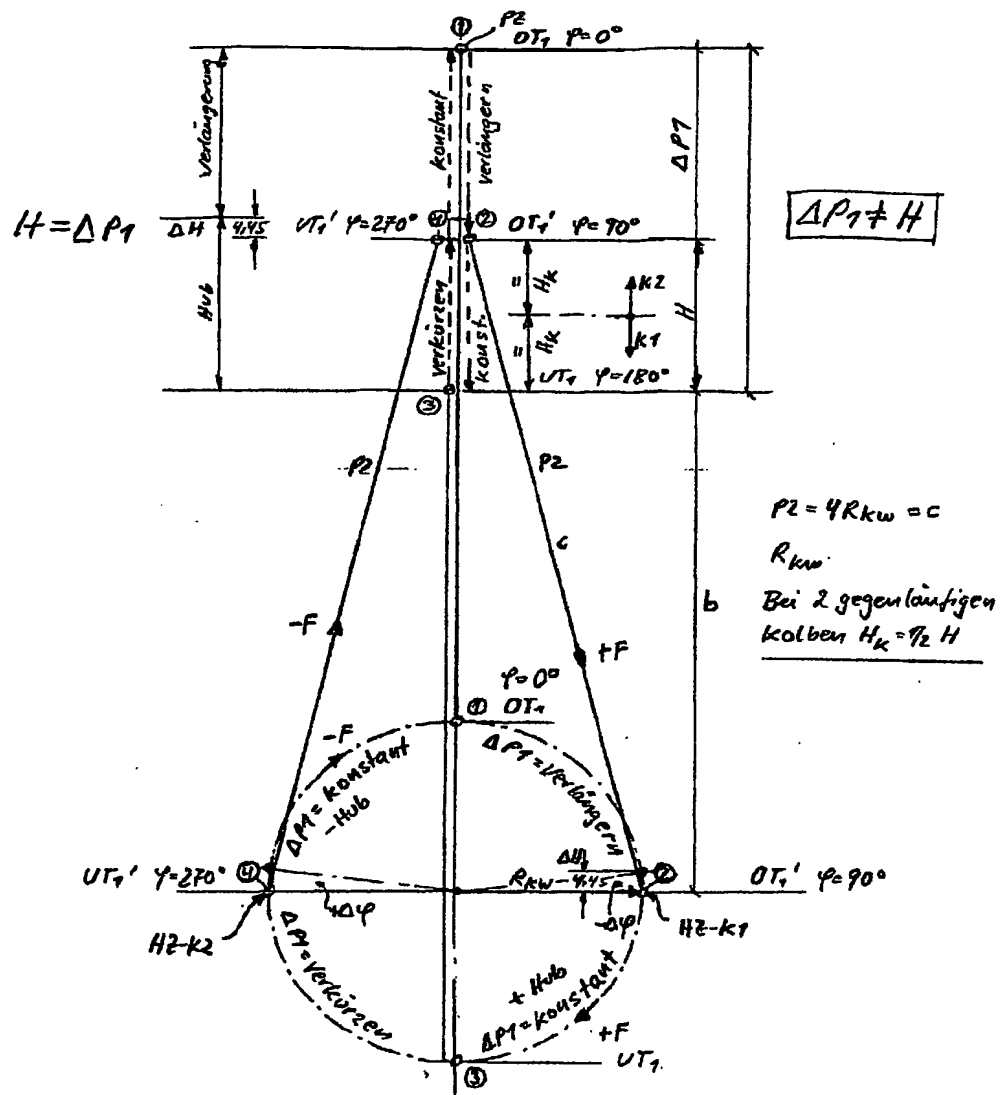


Fig. 183: KW-Kinematik Pleuellängen Variation, 2-Takt-Maschine, +F bei $\varphi = 90^\circ$

2. Pleuellängen-Variator $\Delta P_1 = H = 35 \text{ mm}$ für K1

Folge: symmetrische Konstruktion bei $\varphi = 90^\circ$ und $\varphi = 270^\circ$ zur Krafteinleitung (keine Kraft-Oszillationen auf die KKW etc.)

$$R_V = \frac{1}{2}$$

$$\underline{R_V = \frac{1}{2} R_{KW}}$$

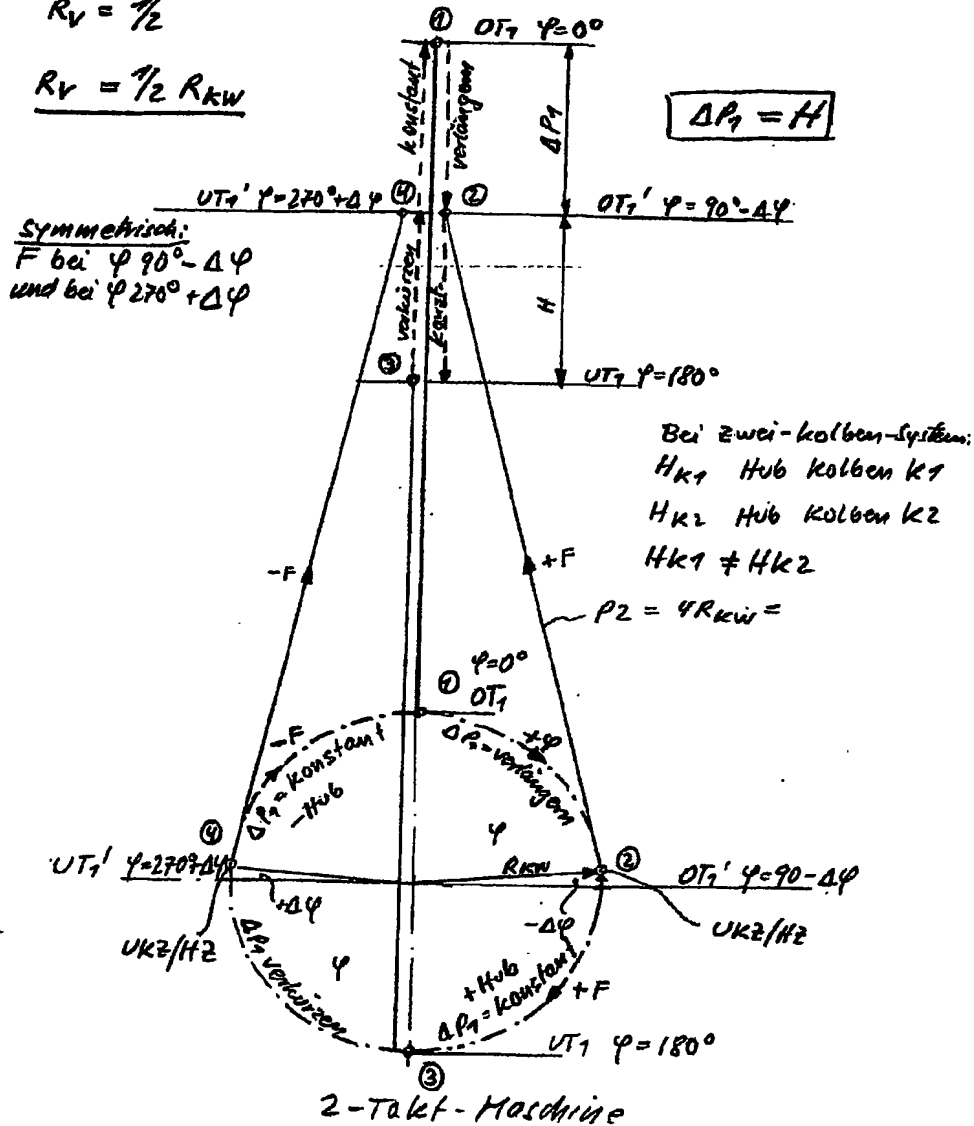


Fig. 185: PV für Kolben K1

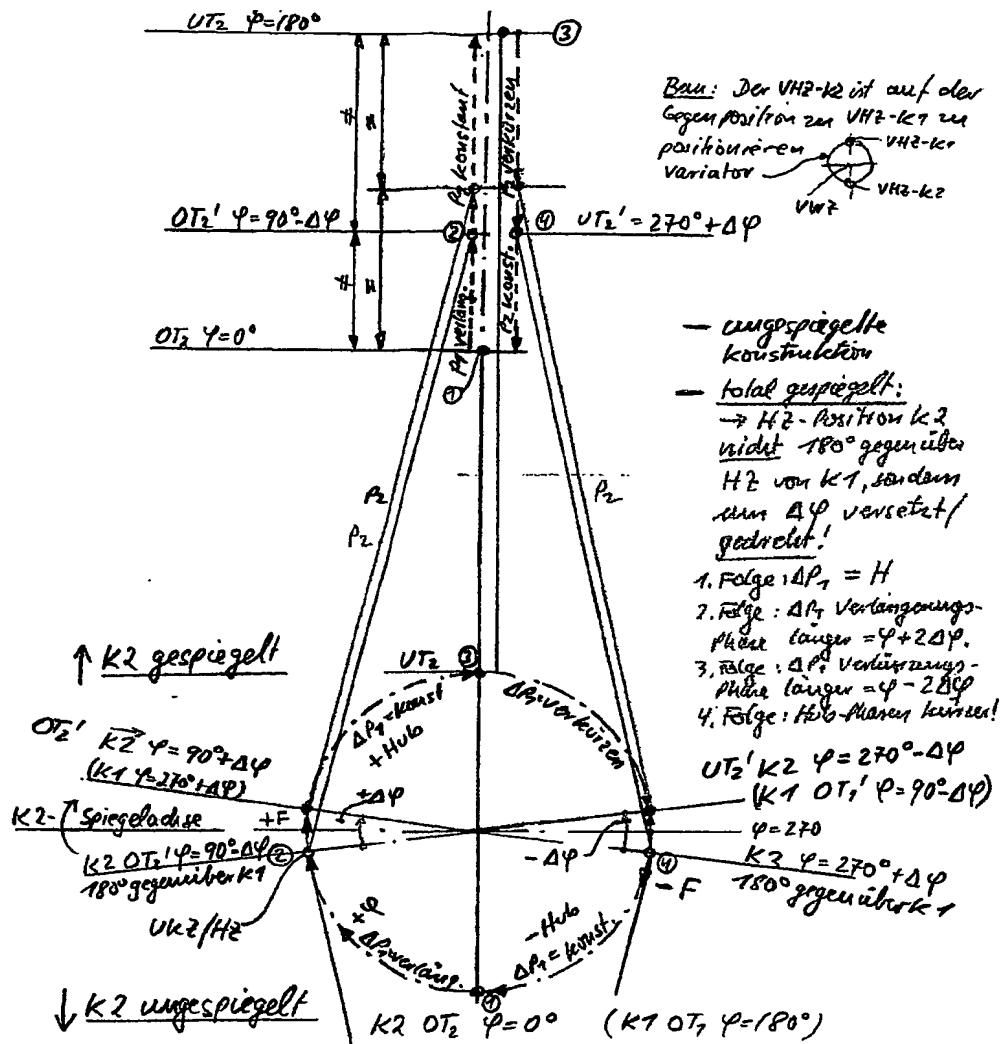


Fig. 186: PV für Kolben K2

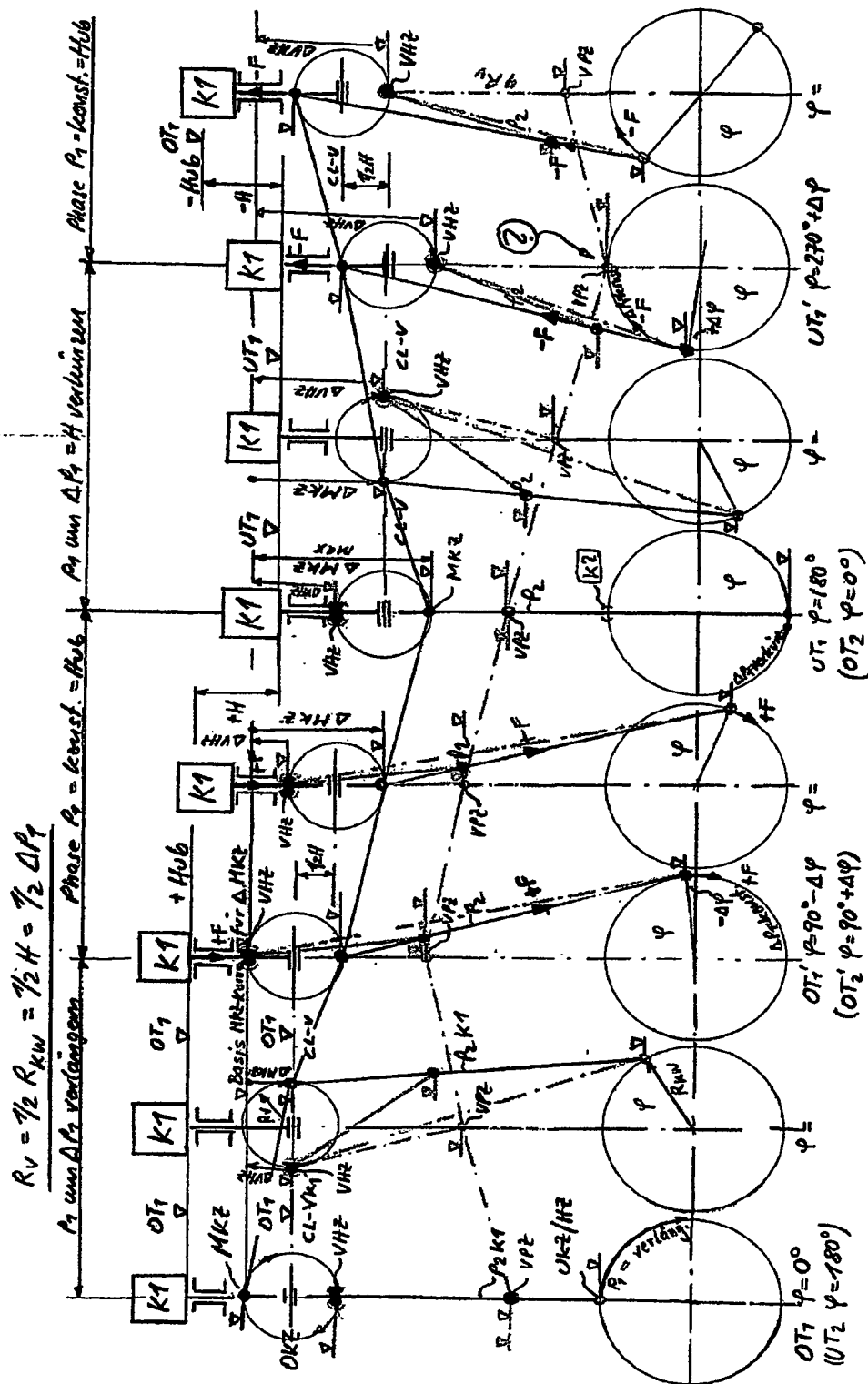
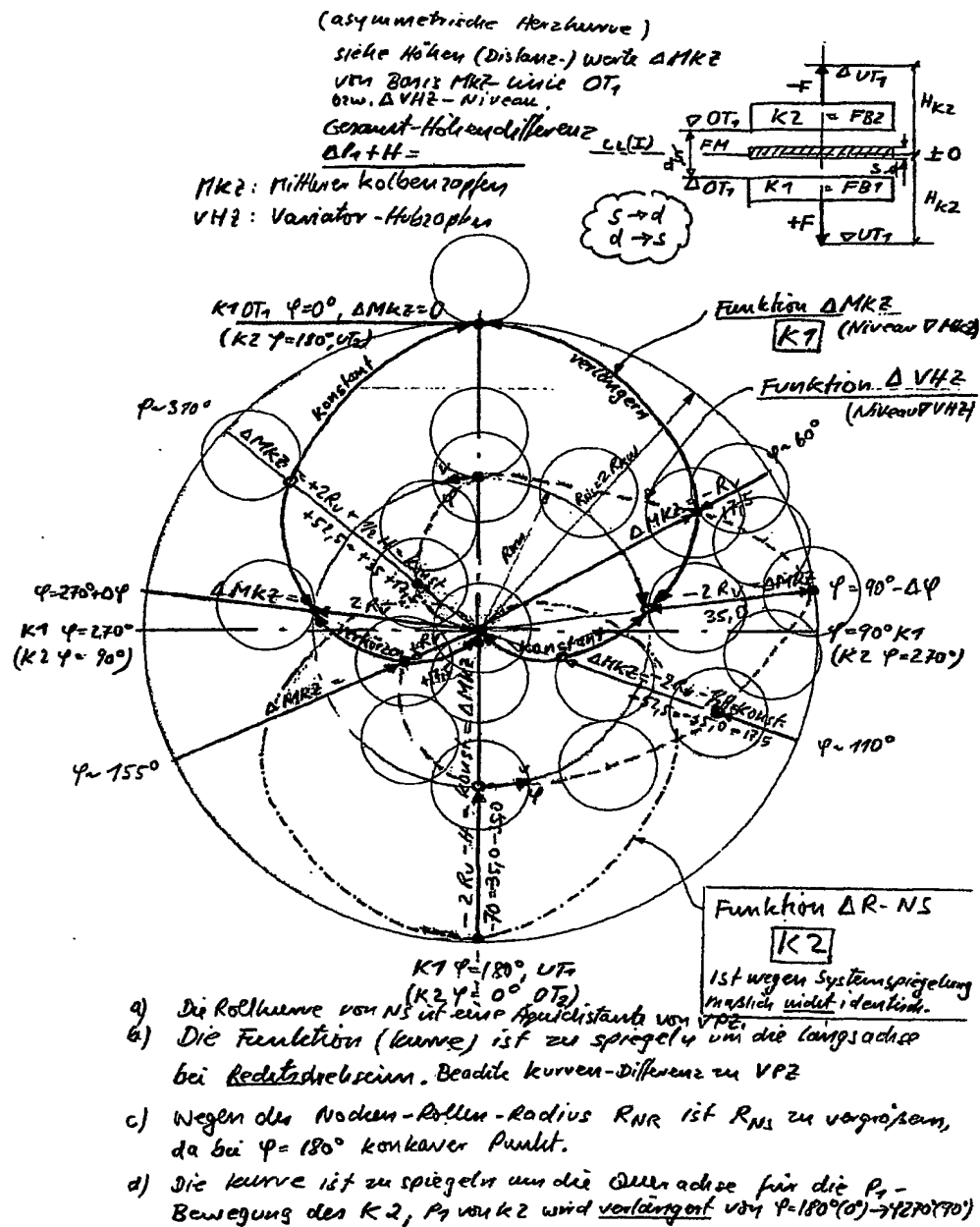


Fig. 187: ΔP_1 -Steuerdiagramm mit symmetrischer Krafteinleitung $+F$ und $-F$ des K_1 , d.h. Nutzung des Arbeitshubes mit $+F$ und Leerhubes als Arbeitshub mit $-F$, symmetrische Krafteinleitung bei $\varphi = 90^\circ$ und $\varphi = 270^\circ$.

Konstruktion der Prinzipien



Konstruktion mit Nockenscheibe NS und Stößel auf KW

- a) explizites Prinzip
- b) implizites Prinzip

Fig. 188: Prinzip A: Höhenfunktion MKZ u. ΔVHZ relativ zur KW-Achse

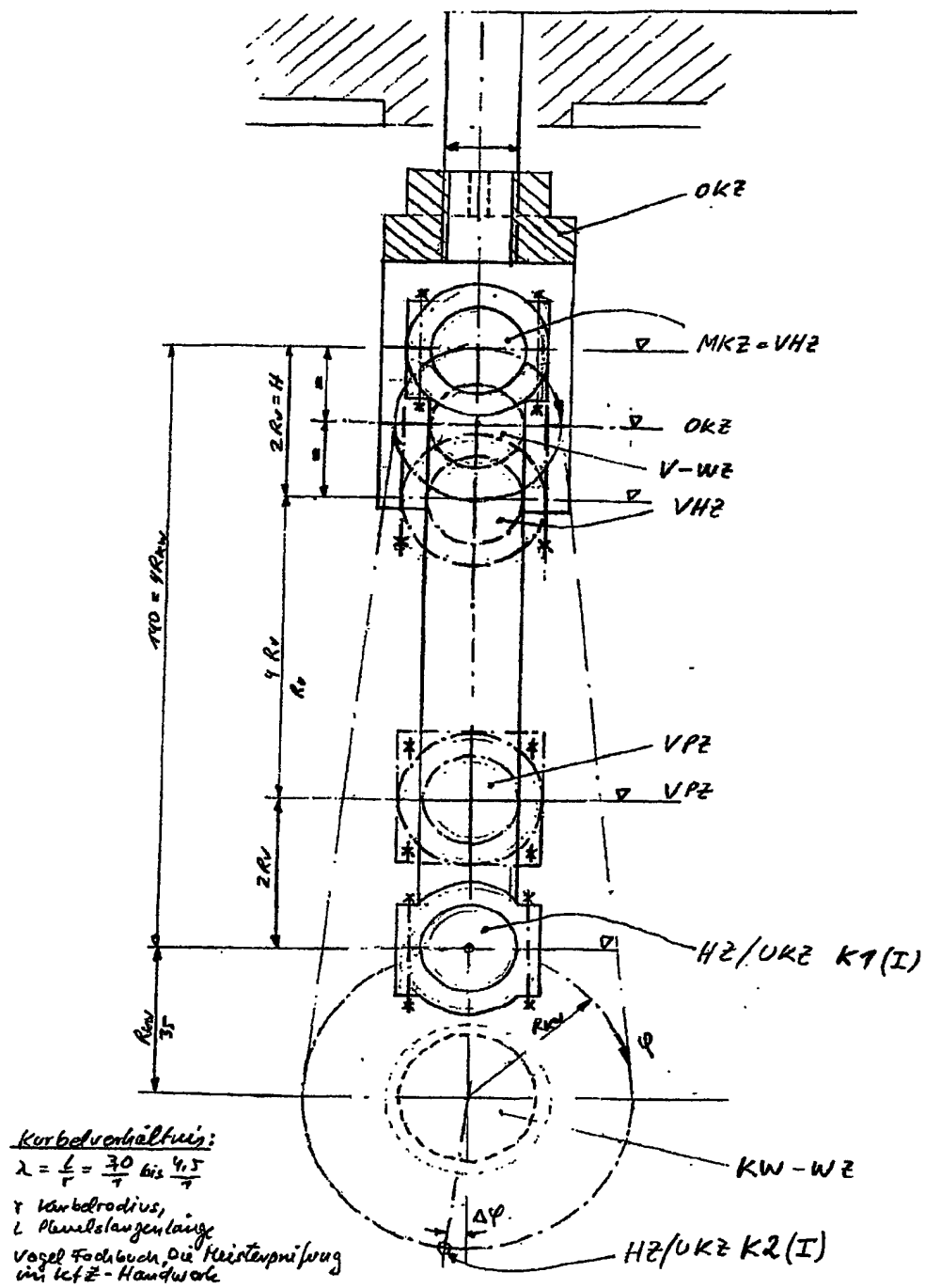


Fig. 190: Prinzip B: Höhenfunktion ΔVZ relativ zur KW-HZ Achse

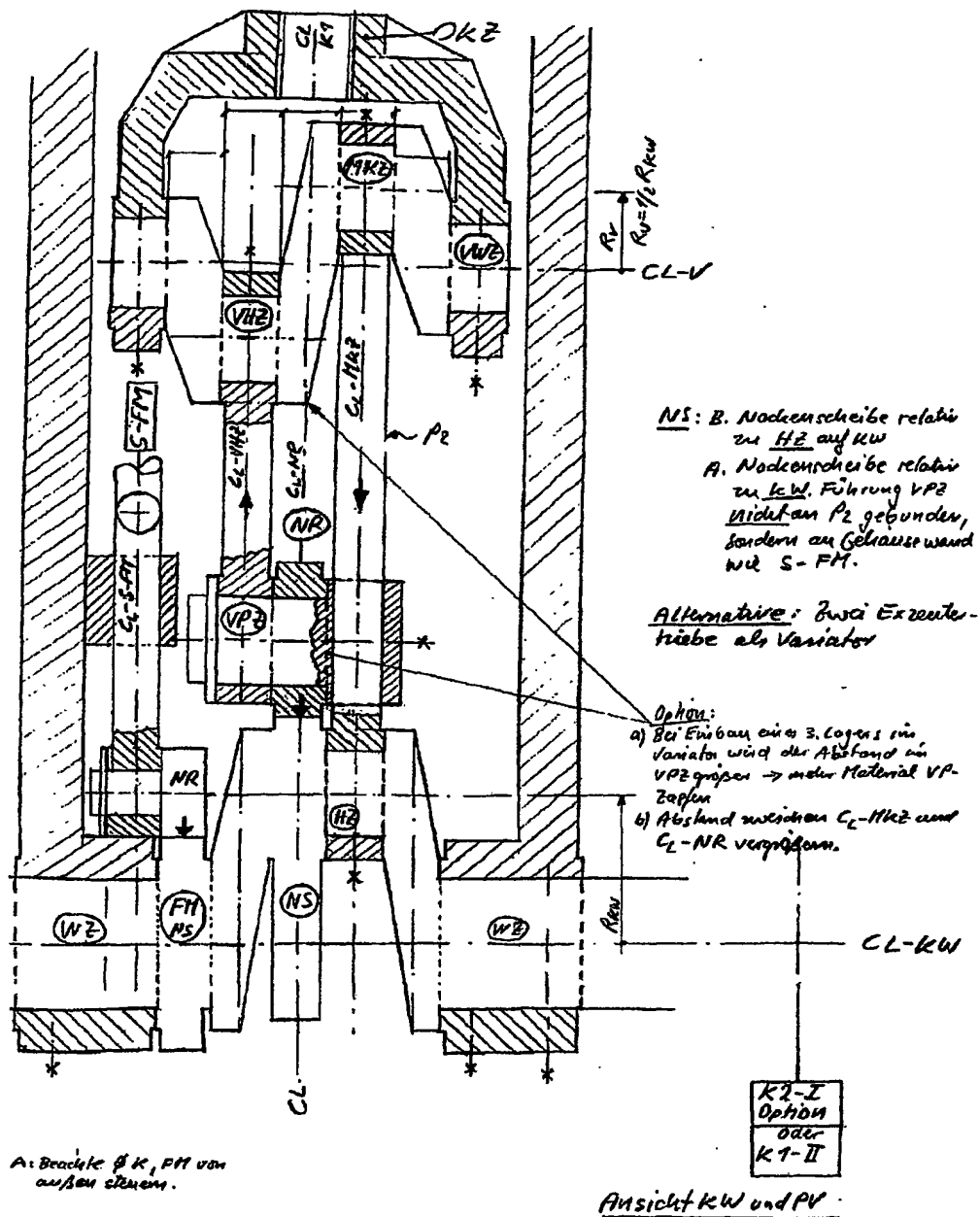


Fig. 191: Ansicht KW und PV

Konstruktion mit Nockenscheibe NS und Stößel auf KW-HZ
 = implizite Lösung (Variator-System rotiert mit)

Fig. 192, 193, 194: Prinzip C: Ausgleichsgetriebe

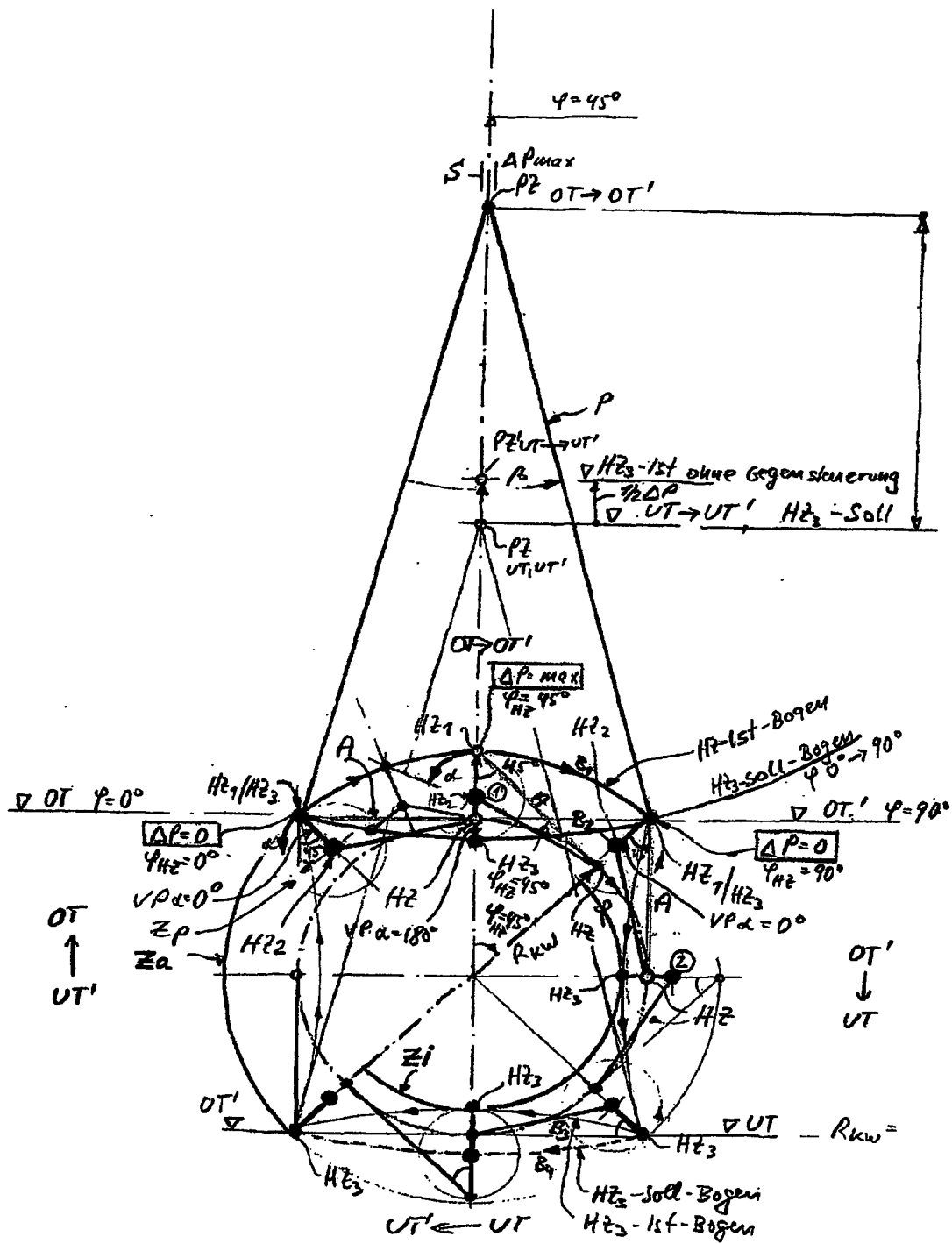


Fig. 192: Prinzip C: Ausgleichsgetriebe

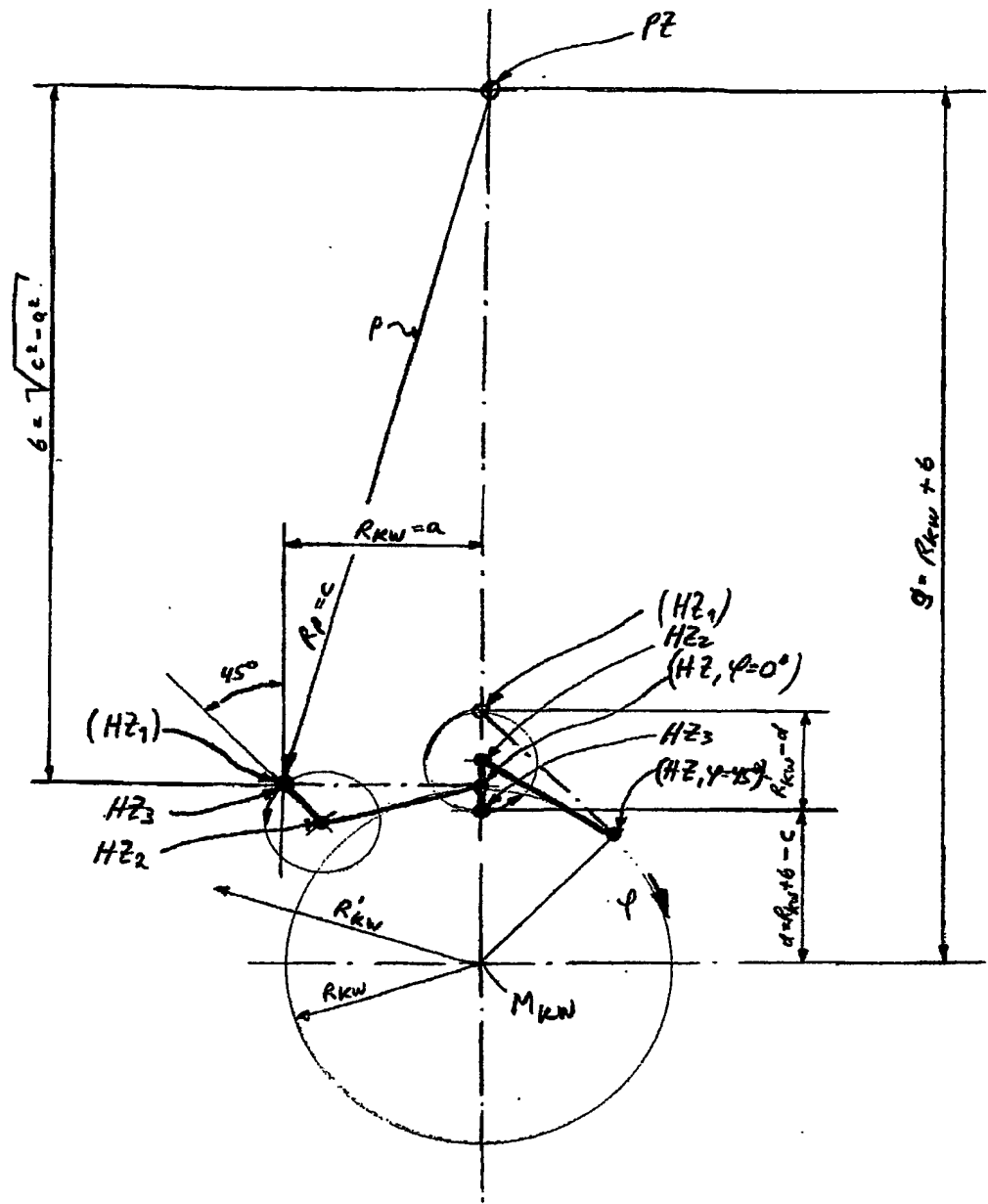


Fig. 193: Auslegerarm und Elementebezeichnung

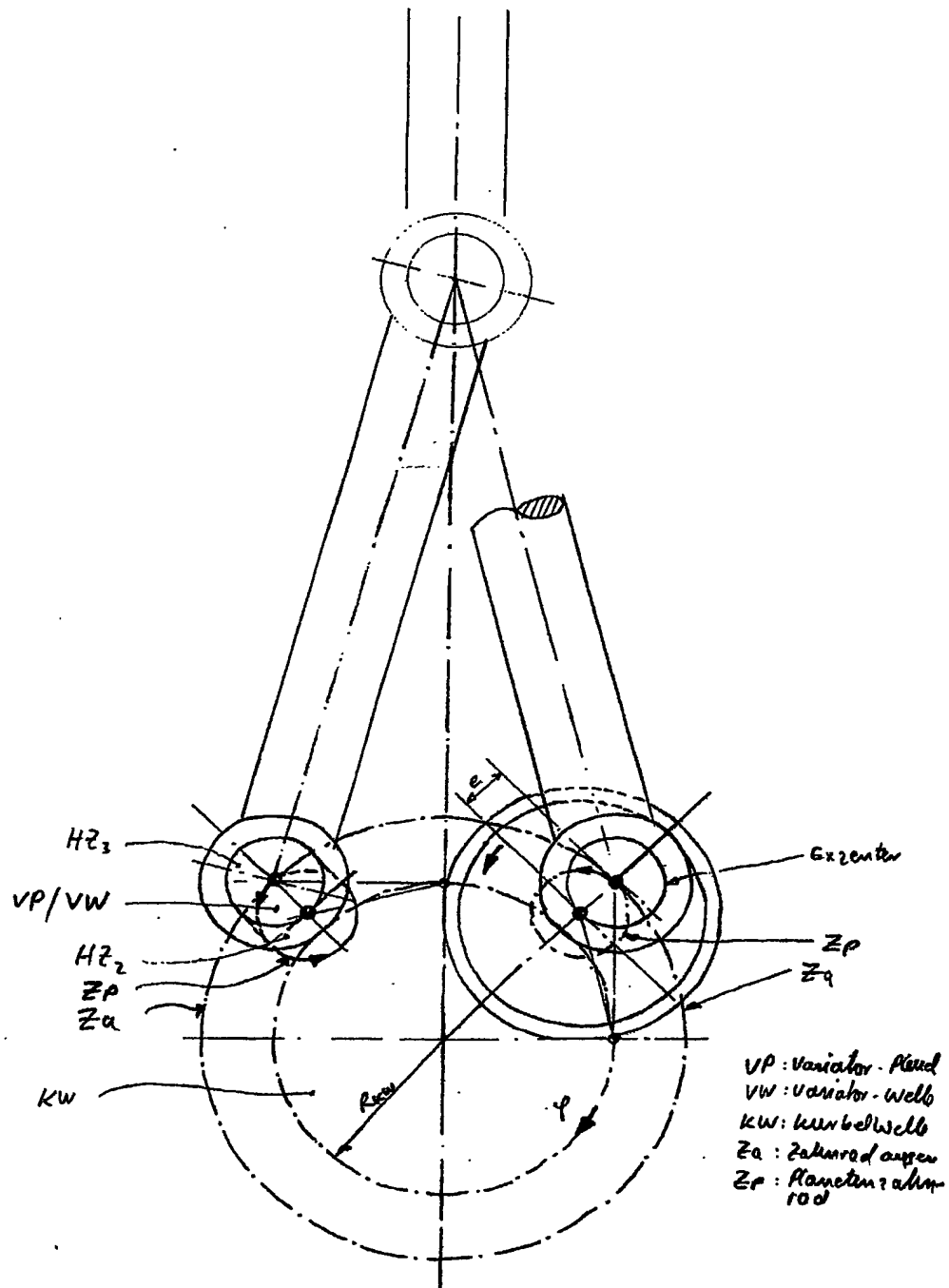
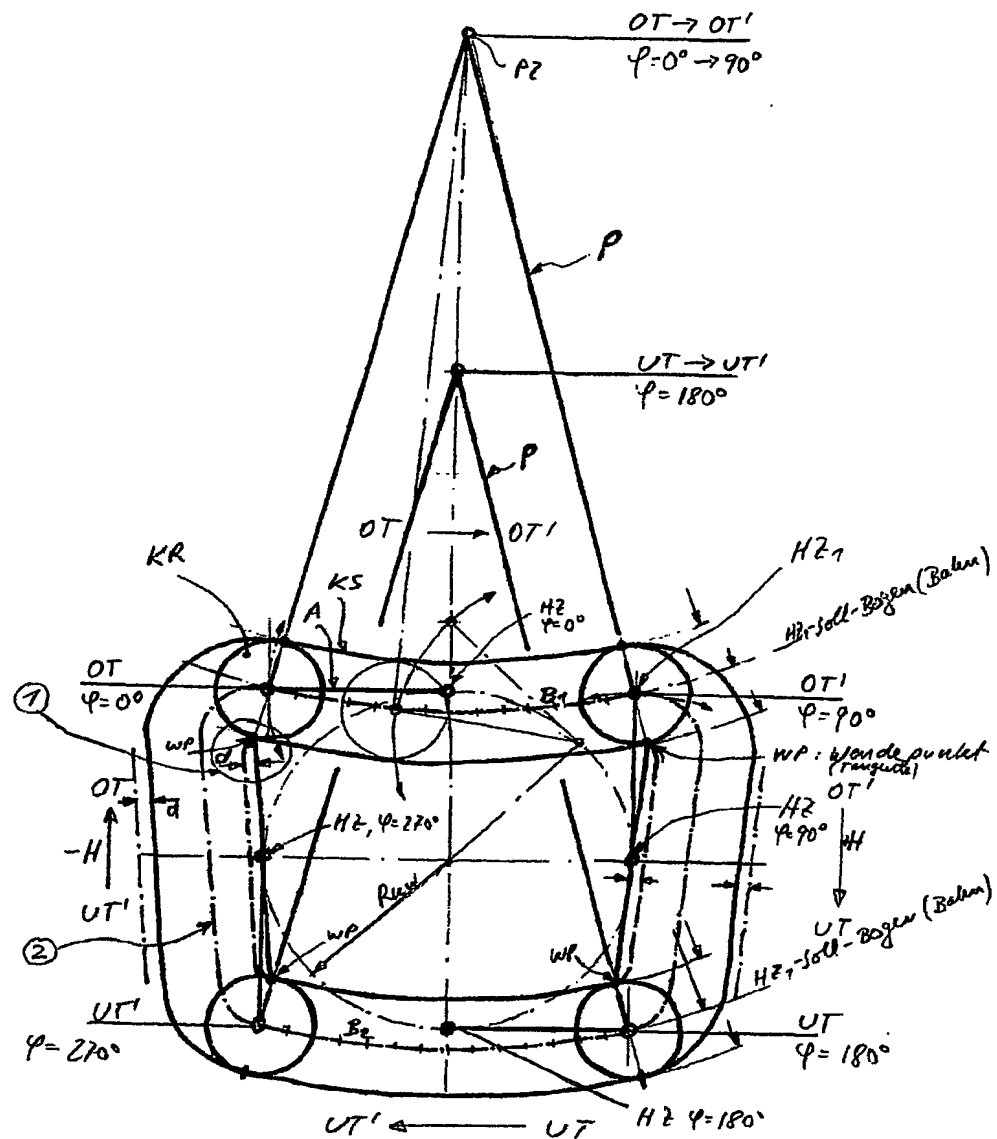


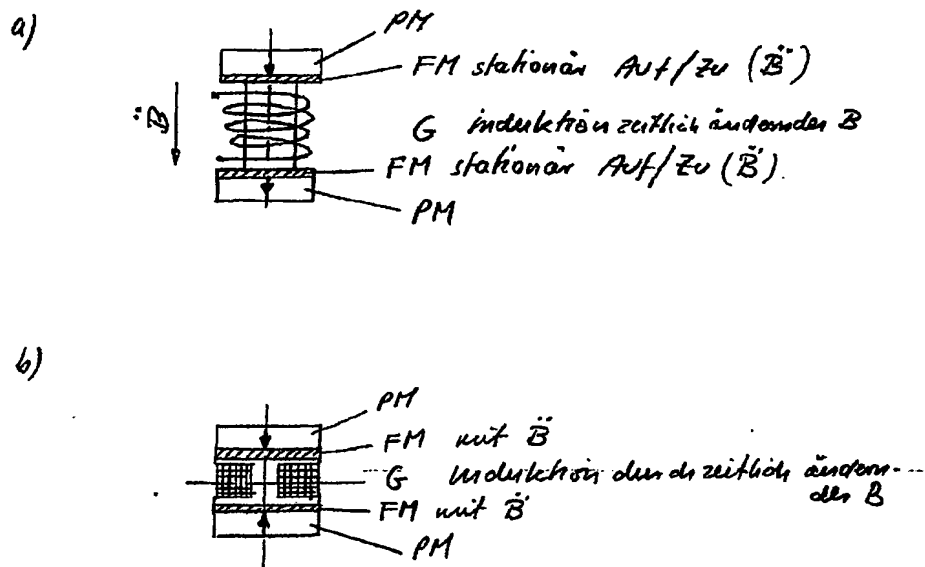
Fig. 194: Prinzip C1: Variator Pleuelltrieb

Konstruktion mit 2 Variator-Pleuellstangen, je eine für K1 und K2, ca 180° versetzte HZ ($\Delta\varphi$).



Konstruktion mit 1 Variator-Pleuel für K1 und K2 mit separatem Hubteiler mit 1/2 H K1 und 1/2 H K2.

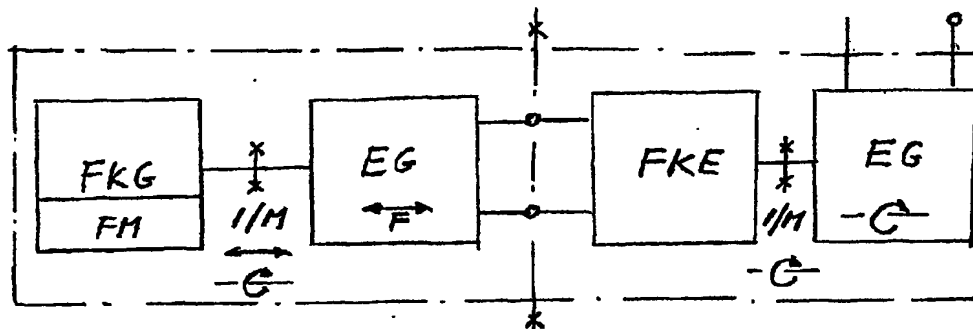
Fig. 195: Prinzip D: Ausgleichs-Kurvenscheibe ortsfest

**Fig. 196: FKG Solid-State-System**

a) Homogener Feldfluß [$+PM \rightarrow -PM$], parallele Spins mit instationärem B
 Aktive Sperrschicht (\rightarrow FM-Systematik).

b) Antiparallele Spins mit instationärem B

FKG	Feldkraft Generator (mit FM)
FM	Feldmodulator
EG	Elektro-Generator (Wanderwellen, Drehstrom, etc.)
FKG	Feldkraft-Motor (elektrisch ohne FM und PM)
I	Strom
M	Drehmoment
F	oszillierende Kraft
x-x	Schnittstelle



**Fig. 197: Feldkraftmaschinen-System = autonomes
 Energieerzeugungs-System**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/009051

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H02K53/00 H02K57/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H02K H01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 37 08 986 A1 (PRIEBE KLAUS PETER DIPL ING) 10 December 1987 (1987-12-10) column 1, line 46 - column 2, line 30; figure 1	1-63
A	DE 100 44 716 A1 (HEYDE FRANK VON DER) 18 July 2002 (2002-07-18) column 1, paragraph 1 - column 2, paragraph 6; figures 1,2	1-63
A	EP 0 394 073 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP) 24 October 1990 (1990-10-24) abstract; figures 1-11	1-63
A	US 5 926 083 A (ASAOKA KEIICHIRO) 20 July 1999 (1999-07-20) abstract; figures 1-11	1-63
	----- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 December 2004

Date of making of the international search report

08/12/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.O. 5818 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Tangocci, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/009051

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GB 2 263 819 A (HSIEH SHUI T IEN) 4 August 1993 (1993-08-04) abstract; figures 1,2	1-63
A	----- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 0110, no. 04 (E-468), 7 January 1987 (1987-01-07) -& JP 61 180585 A (HIROSHI OISHI), 13 August 1986 (1986-08-13) abstract -----	1-63

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2004/009051

Box II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Search Report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☒ Claims Nos.: **64-108**
because they relate to parts of the International Application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful International Search can be carried out, specifically:
see FURTHER INFORMATION sheet PCT/ISA/210
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this International Search Report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

Continuation of Box II.2

Claims 64-108

The application relates to a field force machine and covers five groups of inventions. The current claims 1 to 108 relate to an inordinately large number of possible designs for a field force machine. In fact the number of alternatives covered (also by virtue of the use of terms such as "or", "and/or" and "can") is such that the claims are too unclear or too broadly worded (PCT Article 6) to allow a meaningful search to be carried out. The search was therefore directed to the first of the five groups of inventions, namely the group represented by claims 1 to 63.

The applicant is advised that claims relating to inventions in respect of which no international search report has been established cannot normally be the subject of an international preliminary examination (PCT Rule 66.1(e)). In its capacity as International Preliminary Examining Authority the EPO generally will not carry out a preliminary examination for subject matter that has not been searched. This also applies to cases where the claims were amended after receipt of the international search report (PCT Article 19) or where the applicant submits new claims in the course of the procedure under PCT Chapter II. However, after entry into the regional phase before the EPO an additional search may be carried out in the course of the examination (cf. EPO Guidelines, Part C, VI, 8.5) if the deficiencies that led to the declaration under PCT Article 17(2) have been corrected.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/009051

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3708986	A1	10-12-1987	NONE
DE 10044716	A1	18-07-2002	NONE
EP 0394073	A	24-10-1990	US 5011821 A 30-04-1991 EP 0394073 A1 24-10-1990 JP 2299482 A 11-12-1990
US 5926083	A	20-07-1999	JP 10223457 A 21-08-1998 CN 1190820 A 19-08-1998 DE 19804277 A1 13-08-1998
GB 2263819	A	04-08-1993	NONE
JP 61180585	A	13-08-1986	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H02K53/00 H02K57/00

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H02K H01F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 37 08 986 A1 (PRIEBE KLAUS PETER DIPL ING) 10. Dezember 1987 (1987-12-10) Spalte 1, Zeile 46 - Spalte 2, Zeile 30; Abbildung 1 -----	1-63
A	DE 100 44 716 A1 (HEYDE FRANK VON DER) 18. Juli 2002 (2002-07-18) Spalte 1, Absatz 1 - Spalte 2, Absatz 6; Abbildungen 1,2 -----	1-63
A	EP 0 394 073 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP) 24. Oktober 1990 (1990-10-24) Zusammenfassung; Abbildungen 1-11 -----	1-63
A	US 5 926 083 A (ASAOKA KEIICHIRO) 20. Juli 1999 (1999-07-20) Zusammenfassung; Abbildungen 1-11 -----	1-63
	-/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

1. Dezember 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

08/12/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Tangocci, A

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	GB 2 263 819 A (HSIEH SHUI T IEN) 4. August 1993 (1993-08-04) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 -----	1-63
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 0110, Nr. 04 (E-468), 7. Januar 1987 (1987-01-07) -& JP 61 180585 A (HIROSHI OISHI), 13. August 1986 (1986-08-13) Zusammenfassung -----	1-63

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/009051

Feld II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche die Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich
2. ☒ Ansprüche Nr. 64-108
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, daß eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
siehe BEIBLATT PCT/ISA/210
3. ☐ Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefaßt sind.

Feld III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

1. ☐ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchengebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.
3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
4. ☐ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Der internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfaßt:

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- ☐ Die zusätzlichen Gebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt.
- ☐ Die Zahlung zusätzlicher Recherchengebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Fortsetzung von Feld II.2

Ansprüche Nr.: 64-108

Die Anmeldung bezieht sich auf eine Feldkraftmaschine; und betrifft fünf Gruppen von Erfindungen. Die geltenden Patentansprüche 1-108 beziehen sich auf eine unverhältnismässig grosse Zahl möglicher Ausführungen von Feldkraftmaschinen. In der Tat umfassen sie so viele Wahlmöglichkeiten, auch durch die Verwendung von Ausdrücke wie "oder", "und/oder", "...kann...", dass sie im Sinne von Artikels 6 PCT in einem solche Masse unklar oder zu weitläufig gefasst erscheinen, als dass sie eine sinnvolle Recherche ermöglichen. Daher wurde die Recherche auf die erste von der fünf Gruppen von Erfindungen gerichtet, nämlich Ansprüche 1-63.

Der Anmelder wird darauf hingewiesen, dass Patentansprüche auf Erfindungen, für die kein internationaler Recherchenbericht erstellt wurde, normalerweise nicht Gegenstand einer internationalen vorläufigen Prüfung sein können (Regel 66.1(e) PCT). In seiner Eigenschaft als mit, der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde wird das EPA also in der Regel keine vorläufige Prüfung für Gegenstände durchführen, zu denen keine Recherche vorliegt. Dies gilt auch für den Fall, dass die Patentansprüche nach Erhalt des internationalen Recherchenberichtes geändert wurden (Art. 19 PCT), oder für den Fall, dass der Anmelder im Zuge des Verfahrens gemäss Kapitel II PCT neue Patentanprüche vorlegt. Nach Eintritt in die regionale Phase vor dem EPA kann jedoch im Zuge der Prüfung eine weitere Recherche durchgeführt werden (Vgl. EPA-Richtlinien C-VI, 8.5), sollten die Mängel behoben sein, die zu der Erklärung gemäss Art. 17 (2) PCT geführt haben.

INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/009051

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 3708986	A1	10-12-1987	KEINE
DE 10044716	A1	18-07-2002	KEINE
EP 0394073	A	24-10-1990	US 5011821 A 30-04-1991 EP 0394073 A1 24-10-1990 JP 2299482 A 11-12-1990
US 5926083	A	20-07-1999	JP 10223457 A 21-08-1998 CN 1190820 A 19-08-1998 DE 19804277 A1 13-08-1998
GB 2263819	A	04-08-1993	KEINE
JP 61180585	A	13-08-1986	KEINE

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.